

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2003-529050

(P2003-529050A)

(43) 公表日 平成15年9月30日 (2003.9.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 S 13/26

7/03

7/292

識別記号

F I

G 0 1 S 13/26

7/03

7/292

特許出願 (参考)

5 J 0 7 0

A

K

B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 60 頁)

(21) 出願番号 特願2001-520061(P2001-520061)  
(86) (22) 出願日 平成12年8月30日(2000.8.30)  
(85) 翻訳文提出日 平成14年2月28日(2002.2.28)  
(86) 国際出願番号 PCT/US 00/23819  
(87) 国際公開番号 WO 01/016554  
(87) 国際公開日 平成13年3月8日(2001.3.8)  
(31) 優先権主張番号 09/388,785  
(32) 優先日 平成11年9月2日(1999.9.2)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 マキューアン テクノロジーズ リミテッ  
ド ライアビリティ カンパニー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
93940 モントレー マンディヴィル コ  
ート 21 スイート エイ  
(72) 発明者 マキューアン トーマス イー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
93923 カーメル ハイランズ サン レ  
モ ドライヴ 30772  
(74) 代理人 弁理士 中村 稔 (外9名)  
Fターム(参考) 5I070 AB01 AC02 AD01 AE09 AH02  
AH39 BA01

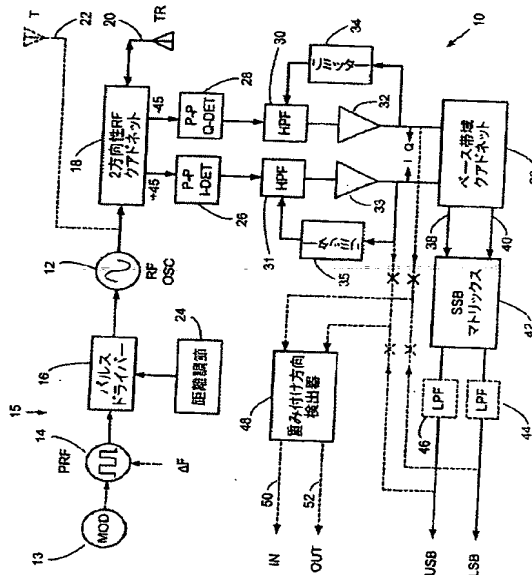
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 SSBパルス・ドップラー検知器及びアクティブ反射器システム

(57) 【要約】

【課題】 多くの振動、動き及び変位検知のアプリケーションに使用できる単一の側波帯ドップラー技術を使用した二重チャンネルマイクロ波検知器が提供される。アクティブ反射器と共に使用すると、検知器は混雑した環境においても正確な距離及び材料厚さ測定を与える。アクティブ反射器はまた検知器への多チャンネル・データ送信に使用できる。

【解決手段】 本発明の検知器は、4十進ベース帯域範囲を有するフェージングタイプ・ドップラー側波帯復調を持つホモダイン・パルス・ドップラー・レーダーである。距離測定はアクティブ反射器により位相が変調されたドップラー側波帯の位相を比較することにより達成される。アクティブ反射器はアンテナ又は他の反射器に接続されたスイッチ又は変調器を使用する。1つのモードでは、アクティブ反射器はSSB反射を与えるためにクアドラチュア変調される。



BEST AVAILABLE COPY

【請求項 7】 R F クアドラチュア・ネットワークが、送信及び受信信号の各々を部分的に位相シフトする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】 S S B マトリックスが第 1 側波帯出力を得るためにベース帯域クアドラチュア・ネットワークの第 1 及び第 2 出力を加え、第 2 側波帯出力を得るために第 1 及び第 2 ベース帯域クアドラチュア出力を引算する請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】 S S B マトリックスの出力又はクアドラチュア検出器の出力へ接続された重み付け方向検出器をさらに含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 10】 クロック信号発生器に接続されて送信された R F バースト幅を調節することにより最大検出距離を制御する距離調節器をさらに含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 11】 送信クロック信号発生器が、距離に対する L S B 及び U S B の相対的位相を識別するために位相副尺を提供するため、周波数の調節可能である請求項 1 に記載の装置。

【請求項 12】 I 又は Q 検出器からの広い電圧行程を素早く制御するため、I 及び Q 検出器とベース帯域クアドラチュア・ネットワークの間に接続されたリミッター・フィードバックを有するハイパス・フィルタをさらに含む請求項 1 に記載の装置。

【請求項 13】 ベース帯域クアドラチュア・ネットワークが二重はしごアクティブ全パス位相分割ネットワークである請求項 1 に記載の装置。

【請求項 14】 短パルス・マイクロ波ドップラー検知器において、  
R F バーストを与えるためのパルス化された R F 発振器と、  
R F バーストを送信及び受信するためのアンテナと、  
パルス化された R F 発振器に接続された第 1 ポート、アンテナに接続された第 2 ポート、I 検出器に接続された第 3 ポート、及び Q 検出器に接続された第 4 ポートを有する R F クアドラチュア・ネットワークと、  
R F クアドラチュア・ネットワークの I 及び Q ポートにそれぞれ接続されて複数クロック繰返しからの R F パルスを一貫して積分する第 1 及び第 2 R F ピーク検出器と、

を有する短パルス・マイクロ波ドップラー検知器。

【請求項15】 I及びQ検出器に接続されたベース帯域クアドラチュア・ネットワークをさらに含む請求項14に記載の検知器。

【請求項16】 ベース帯域クアドラチュア・ネットワークに接続されたSSBマトリックスをさらに有する請求項15に記載の検知器。

【請求項17】 短SSBレーダー・パルスを検知する方法において、  
RFパルスを発生し、  
対象物から反射された送信パルスとRF送信機パルスの和のクアドラチュア・ピークを検出し、  
パルスのクアドラチュア・ピーク検出をしている間に2つ又はそれ以上のRFパルスを積分し、  
ピーク検出された信号のSSB復調をする、  
各ステップを含む短SSBレーダー・パルスを検知する方法。

【請求項18】 送信機RFパルス幅を選択することにより最大検知距離を制御することをさらに含む請求項17に記載の方法。

【請求項19】 SSBドップラー信号を検知する方法において、  
RFクアドラチュア・ネットワークを介してRFバーストを対象物へ送信し、  
対象物から反射された信号をRFクアドラチュア・ネットワークで受信し、  
クアドラチュア・ネットワークからのクアドラチュアRF信号のピークを検出し、

位相シフトされたI及びQベース帯域信号を与えるために検出されたクアドラチュアRF信号の位相をシフトし、

LSB及びUSB信号を形成するために位相シフトされたベース帯域I及びQ信号を代数的に加算する、

各ステップを含む方法。

【請求項20】 クアドラチュア・ピークRF信号が複数のRFバーストにわたり積分される請求項19に記載の方法。

【請求項21】 レーダー目標変位を検出する方法において、  
外向き及び内向きチャンネルのそれぞれからのLSB及びUSBドップラー信

号を整流し、

整流されたLSB及びUSB信号を積分し、

積分されたLSB及びUSB信号を代数的に加算し、

内向きチャンネルからの定義された信号により外向きチャンネルをリセットし、そして外向きチャンネルからの定義された信号により内向きチャンネルをリセットするために代数的な和に重み付けし、

与えられた方向に定義された量の目標が移動した内向き及び外向き検出信号を与えるために重み付けした和のしきい値を検出する、

各ステップを有する方法。

【請求項22】 1つのチャンネルの信号の重み付け百分率が他方のチャンネルの検出を禁ずる請求項21に記載の方法。

【請求項23】 レーダー目標の振動を検知する方法において、  
パルス化されたRFバーストを送信し、  
多相RFバースト信号を得るために送信されたRFバースト及び受信されたエコー・バーストの位相をシフトし、  
多相ベース帯域信号を生成するために多相RFバースト信号を検出し、  
検出されたベース帯域信号の位相をシフトし、  
LSB及びUSB信号を形成するために位相シフトされたベース帯域信号を代数的に加算する、  
ことを含む方法。

【請求項24】 送信されたRFバースト及び受信エコー・バーストの両方の位相が単一の位相シフト・ネットワークにおいて部分的にシフトされる請求項23に記載の方法。

【請求項25】 バイオメカニカル運動を検知する方法において、  
RFエネルギーで動いている生物体又は器官を照射し、  
生物体又は器官を通じて送信された若しくは生物体又は器官から反射されたRFエネルギーの上側又は下側ドップラー運動側波帯の少なくとも1つを検出する、  
各ステップを含む方法。

【請求項 26】 R F エネルギーがパルス化されている請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】 R F パルス幅が最大検知距離を定義する請求項 26 に記載の方法。

【請求項 28】 人間の声帯を検知することをさらに含む請求項 25 に記載の方法。

【請求項 29】 ブームに搭載されたダイポール・アンテナにより声帯を検知することをさらに含む請求項 28 に記載の方法。

【請求項 30】 ブームに搭載されたダイポール・アンテナと一緒に音響マイクロフォンを同じく配置することをさらに含む請求項 29 に記載の方法。

【請求項 31】 楽器の振動を検知する方法において、  
R F エネルギーで楽器の振動部品を照射し、  
楽器の振動部品を通じて送信された若しくは楽器の振動部品から反射された R F エネルギーの上側又は下側ドップラー運動側波帯の少なくとも 1 つを検出する、  
各ステップを含む方法。

【請求項 32】 R F エネルギーがパルス化されている請求項 31 に記載の方法。

【請求項 33】 R F パルス幅が最大検知距離を定義する請求項 32 に記載の方法。

【請求項 34】 楽器が弦を有する楽器である請求項 31 に記載の方法。

【請求項 35】 楽器がギター又はピアノである請求項 34 に記載の方法。

【請求項 36】 複数の対象物のレーダー横断面の変化を検知する方法において、

R F エネルギーで少なくとも 1 つの対象物を照射し、  
少なくとも 1 つの照射された対象物を少なくとも別の対象物と接触又は非接触させ、

少なくとも 1 つの照射された対象物を通じて送信された若しくは少なくとも 1 つの照射された対象物から反射された R F エネルギーの上側又は下側ドップラー

側波帯の少なくとも1つを検出する、

各ステップを含む方法。

【請求項37】 R Fエネルギーがパルス化されている請求項36に記載の方法。

【請求項38】 R Fパルス幅が最大検知距離を定義する請求項37に記載の方法。

【請求項39】 対象物が電子手段で接触される請求項36に記載の方法。

【請求項40】 対象物が制御された変調によって接触及び非接触される請求項39に記載の方法。

【請求項41】 制御された変調がデータ、声、又は音から選択されている請求項40に記載の方法。

【請求項42】 レーダー横断面の変化から接触している対象物の表面の滑らかさを測定する方法をさらに含む方法。

【請求項43】 対象物が金又は他の金属の粒子であり、レーダー横断面を変化するために粒子間に断続的な接触を発生するために機械的又は音響的なエキサイテーションを与えることをさらに含む請求項36に記載の方法。

【請求項44】 レーダー横断面の変化から電子回路の読出しを得ることをさらに含む請求項39に記載の方法。

【請求項45】 レーダーで距離を検知する方法において、  
R Fエネルギーで変調されたアクティブ反射器を照射し、  
反射されたエネルギーのU S BとL S Bとの間の位相を検出する、  
各ステップを含む方法。

【請求項46】 R Fエネルギーがパルス化されている請求項45に記載の方法。

【請求項47】 R Fパルス幅が最大検知距離を定義する請求項46に記載の方法。

【請求項48】 アクティブ反射器が音、データ、又は声で変調されている請求項45に記載の方法。

【請求項49】 変調されたアクティブ反射器の前に介在する材料を配置す

ることをさらに含む請求項 45 に記載の方法。

【請求項 50】 介在する材料の誘電定数を決定することをさらに含む請求項 49 に記載の方法。

【請求項 51】 発生した位相変化からの距離不明瞭さを解決するため、量  $\Delta F$  だけ RF エネルギーの周波数を変化する請求項 49 に記載の方法。

【請求項 52】 レーダー・ビームの中断を検知する方法において、  
レーダーからの RF エネルギーでアクティブ反射器を照射し、  
アクティブ反射器を変調し、  
レーダーとアクティブ反射器の間のビーム経路の阻止の結果としての変調された反射エネルギーの減少を検出する、  
各ステップを有する方法。

【請求項 53】 RF エネルギーがパルス化されている請求項 52 に記載の方法。

【請求項 54】 RF パルス幅が最大検知距離を定義する請求項 53 に記載の方法。

【請求項 55】 RF ID タグを検知する方法において、  
レーダーからの RF エネルギーで RF ID を照射し、  
RF ID タグ内のアクティブ反射器を変調し、  
レーダにより RF ID タグから受信された上側又は下側の側波帯の少なくとも 1 つの内の変調を検出する、  
各ステップを方法。

【請求項 56】 RF エネルギーがパルス化されている請求項 55 に記載の方法。

【請求項 57】 RF パルス幅が最大検知距離を定義する請求項 56 に記載の方法。

【請求項 58】 RF ID タグがレーダーに音、データ、又は声を反射する請求項 55 に記載の方法。

【請求項 59】 無線位置決め方法において、  
レーダーから RF エネルギーでもって少なくとも 2 つのアクティブ反射器を照

射し、

アクティブ反射器を変調し、

レーダによりアクティブ反射器から受信された上側又は下側の側波帯の少なくとも 1 つの内の変調を検出し、

上側及び下側の側波帯間の位相により反射器までの距離を測定し、

測定された距離を使用して、レーダー又は反射器の少なくとも 1 つの位置を計算する、

各ステップを含む方法。

【請求項 60】 R F エネルギーがパルス化されている請求項 59 に記載の方法。

【請求項 61】 R F パルス幅が最大検知距離を定義する請求項 60 に記載の方法。

【請求項 62】 反射器が音、データ、又は声で変調されている請求項 59 に記載の方法。

【請求項 63】 アクティブ反射器をクアドラチュア変調する方法において、

アクティブ反射器の端子に少なくとも 2 つの位相シフト・ネットワークを結合し、

反射端子を横断する位相シフト・ネットワークを切替える、

各ステップを含む方法。

【請求項 64】 位相シフト・ネットワークがクアドラチュアに切替えられる請求項 63 に記載の方法。

【請求項 65】 S S B 又は多相反射を与えるために位相シフト・ネットワークの切換えを制御するのに声、音、又はデータ変調をさらに含む請求項 64 に記載の方法。

【請求項 66】 アクティブ反射器がさらに R F I D タグ又はおもちゃを含むさらに含む請求項 65 に記載の方法。

【請求項 67】 レーダー及びアクティブ反射器システムにおいて、  
R F パーストを送信及び受信するためのレーダーと、

レーダーへ送信された R F パーストを戻すため反射する変調されたアクティブ反射器と、

アクティブ反射器からの U S B 又は L S B 反射の少なくとも 1 つを検出するためのレーダー内の検出器と、

を有するシステム。

【請求項 68】 アクティブ反射器が、 S S B 反射を発生するアクティブ反射器及び二重側波帯反射を発生するアクティブ反射器から選択されている請求項 67 記載のシステム。

【請求項 69】 R F パルス幅が最大検知距離を定義する請求項 68 に記載の方法。

【請求項 70】 回転する対象物を検知する検知器において、

回転する対象物に R F エネルギーを照射しそこから反射されたエネルギーを受信するためのレーダーと、

I 及び Q 出力を与えるためのレーダー内のクアドラチュア検出器と、

対象物の回転の方向を検出するために I 及び Q 出力の位相を比較する位相比較器と、

を有する検知器。

【請求項 71】 R F エネルギーがパルス化されている請求項 70 に記載の方法。

【請求項 72】 R F パルス幅が最大検知距離を定義する請求項 71 に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 発明の属する技術分野

本発明は、マイクロ波動き検知及び距離測定に関し、より詳細には、アクティブ反射器システムを含んだ単側波帯（SSB）パルス・ドップラー・レーダーに関する。

## 【0002】

## 従来 of 技術

ドップラー効果は警察レーダー、安全レーダー、及び自動ドア・レーダーで動きを検知して測定するために使用される。ドップラー検知とは似ているが、マイクロ波振動検知は、ターゲットが誘起した戻りレーダーの位相変調に依存しており、一般に特定の工業的／科学的用途に限定されている。良く知られている1つの例外は、冷戦時代のモスクワの米国大使館へのマイクロ波照射である、音声物体に反射すると僅かな振動を生じ、大使館外の振動検知マイクロ波受信機により傍受できる。

## 【0003】

振動検知レーダーは、心臓監視（例えば、1996年のマックエワンへの米国特許第5,573,012号「身体監視及び映像装置」）、呼吸監視（例えば、1976年のカプラン等への米国特許第3,993,995号「呼吸監視」）及び声帯検知（例えば、1998年のホルズルチェッター等への米国特許第5,729,694号「音波及び電磁波を用いた音声コーディング、再構成、及び認識」）など、医療診断／監視及び音声認識において大きな潜在能力を示す。

## 【0004】

レーダーを使用した振動検知における1つの問題は、RF波長の $\lambda/2$ 毎に位置する検知フィールドの周期的な無（ナル）の発生である。従って、レーダーからのその距離に依存して振動物体の検出に失敗することがあり得る。この問題は単相及び直交位相レーダーの両方で生ずる。これはSSBレーダーでのみ除去できる。

## 【0005】

動きの検出はクアドラチュア検出器を装備したドップラー・レーダーにより検知できる。方向検知に変位検知がさらに付加されており、ここで検出しきい値に達する前に一方向へ明確な目標の変位が発生しなければならないようにするため、いくつかのドップラー・サイクルの間に方向の符号が付けられた動きサインが積分される（1976年のハケット等への米国特許第3,942,178号「侵入検出システム」）。

#### 【0006】

変位検知はトリガーする前に目標の実質的な動きを要求することにより、動き検出器の髪の毛トリガー性質を克服する。変位検知はまた、別の偽の警告の害、RF干渉によるトリガー、を減少する。RF干渉が一方向のみに移動するように見えること、すなわち、10.5GHz搬送波のほぼ100Hz内で一貫したマイクロ波搬送波の単一側波帯として見えること、は大変に困難である。一般に、レーダーや干渉もそのような一貫性又は安定性を有しないであろう。不幸なことに、従来技術の変位検知器は干渉拒絶を頑健な様式で実現しておらず、またドップラー側波帯を分離されたアナログ・チャンネルへ完全に復調していない。

#### 【0007】

従来ドップラー・レーダーは、無数のアプリケーションを可能にするのに必要な重要な特徴に欠けている。例えば、これらは低コスト・アーキテクチャにおいて実現される時、短パルス距離ゲーティングと結合された二重チャンネル・アナログ信号単側波帯復調を欠いている。また、従来技術は距離ゲートされたドップラー側波帯間の位相から材料の厚さ又は距離を測定するためにアクティブ反射器を使用することを教示していない。

#### 【0008】

##### 発明の開示

本発明は、SSB能力を有することができるアクティブ反射器と組合せられ又は別個のいずれかで使用できるSSB復調を使用したホモダイン・パルス・ドップラー・レーダーを含んだシステムである。

レーダーはパルス繰返し周波数、PRF、でRFパルス又は正弦波パケットもしくはバーストを送信する。ここで使用されように、全体バースト又はパケット

はRFパルスと呼ばれ、各パルスは搬送波周波数で1つ又は複数の正弦波波形のサイクルを含む。送信されたパルス及び受信エコーはクアドラチュアで複数パルス繰返しにわたる大きなホールド時間を有する一対のピーク・ホールド検出器に与えられる。RFパルス幅は915MHz搬送波周波数で30nsであり、対応するRF帯域幅は約30MHzである。パルス繰返しを長い時間、例えば1秒、にわたって積分することにより、RFパルス搬送波から0.1Hzだけ離れたドップラー側波帯が検出できる。

#### 【0009】

最大距離又は距離ゲートはRFパルス幅により定義される。なぜならば、RFピーク検出器は送信されたパルスが存在する間だけ動作して、送信RFパルスが終わった後に到着したエコーはピークが検出されないためである。

#### 【0010】

RFピーク・ホールド検出器出力は、位相シフトされて、そして上側側波帯(USB)及び下側側波帯(LSB)出力を与えるために代数的に加算される。USB出力は対象物がレーダー方向に移動すると発生し、そしてLSB出力は対象物がレーダーから離れると発生する。

#### 【0011】

本発明の1つの特徴は、USB及びLSB出力(又はチャンネル)が方向性の変位指示を与えるために整流されてフィルタされることが可能である。これらの指示は、与えられたLSB又はUSBチャンネルに対して誤った方向の変位の小さな量とそのチャンネルを効果的にリセットするように重みが付けられた態様で組合せることができる。これはRF干渉又はぶらつきからの偽の警告を除去するために特に有用な特徴である。

#### 【0012】

振動を検知する時、USB又はLSBチャンネルのいずれかが、非クアドラチュア・レーダーでは $\lambda/2$ 毎に発生し、クアドラチュア・レーダーではI又はQチャンネルにおいて発生する無が存在しない出力を与え、従って、多くのアプリケーションにおける実用性についての障壁を除去する。

#### 【0013】

L S B 及び U S B チャンネルにより与えられるようなステレオ動作は非自明である。これは各々のステレオ出力が振動する弦の同じ一般周波数を有するがステレオ・ヘッドフォンに豊かでエアリーな音を与える異なる音調の品質を有するギター弦振動をピックアップするような多くのアプリケーションにおいては全く予期されない。他の振動検知アプリケーションは、( 1 ) 回転方向指示を含む刃回転を含んだ機械の振動又は動きの検知、( 2 ) 方向に敏感な心臓の動きの検知、( 3 ) 呼吸運動の検知、及び( 4 ) 声帯マイクロフォンを含む。

#### 【 0 0 1 4 】

振動する対象物を検知する時、L S B 及び U S B 出力の信号間の位相が振動する対象物から  $\lambda / 4$  の距離毎に 3 6 0 度変化する。9 1 5 M H z の R F 中心周波数に対して、3 6 0 度は 8 . 2 c m の距離を表す。位相信号はとてもきれいであるから、距離でミリメートル以下の信号を測定すること、又は、レーダー・アンテナと振動源の間に挿入された対象物の等価な誘電定数または材料厚みを測定することは容易である。この効果の 1 つの応用は、液体高を通る通過時間を測定することによりタンク内の水又は油のレベルを測定することである。この技術についての利点は、測定は普通視野の中で振動しているただ 1 つの対象物である振動する対象物からの反射に限定されるため、大きな収束アンテナを必要とすることなく低周波数 R F が使用できることである。

#### 【 0 0 1 5 】

本発明では 2 つの金属対象物が互いにこすられる時に発生するようなレーダー横断面の変化 (  $\Delta - R C S$  ) が検出できる。もし、2 つの滑らかなツイザーズ ( t w e e z e r s ) をレーダー・アンテナの近くで互いに滑らせると、表面の滑らかさの程度を示す大きな雑音に似た応答 ( レスポンス ) がレーダーにより発生される。 $\Delta - R C S$  技術はまた、金鉱の中で見つけられような水晶内の金のかたまりを見つけるために機械的又は音声的圧力との組合せに使用できる。

#### 【 0 0 1 6 】

音声トランジスタなどのスイッチング回路又は可変伝導装置を含む電子対象物も、本発明により容易に検出できる  $\Delta - R C S$  サインを与える。アプリケーションは非接触電子回路読取り、レーダーによる照射の際に「話す」おもちゃ、R F

識別 ( R F I D ) タグを含む。

【 0 0 1 7 】

$\Delta$  - R C S 効果は電子的制御下で大きな  $\Delta$  - R C S を経験する反射器を設計することにより意図的に増強できる。従って、本発明の別の観点は、変調されたダイポール又は他の反射器／アンテナである。ここで変調は音声、音楽、連続的な音又はデータである。変調は、腕時計に使用されるようなタイプの大変に低電力な C M O S 回路により与えることができる。そして、変調装置はそのゲートを駆動するのに本質的に電流を必要としない F E T である。このように形成された微小電力アクティブ反射器は R F エネルギーを放射せず、従って電波規則を受けない。しかし、本発明のレーダーにより照射される時、情報を送信できる。

【 0 0 1 8 】

アクティブ反射器は、照射レーダーの L S B 又は U S B チャンネルのいずれかに現れる S S B 反射を与えるためにクアドラチュアに変調できる。従って、通常コード又は周波数分割技術を越えて、多チャンネル動作が可能である。

【 0 0 1 9 】

R F ビーム中断システムは、通過する対象物が中断を発生するようにビーム経路を形成することによりレーダー及びアクティブ反射器により構成できる。利点は、( 1 ) 雪などの環境オーバーコーティングやパネルを通じてのビーム経路を形成でき、そして ( 2 ) 貼り付けアプリックのように微小電力アクティブ反射器を自由に位置付けできることを含む。太陽電池を使用する時、単純化された安全、セキュリティ、又は家庭自動制御のために、アクティブ反射器を木、ランプ柱、水泳プール扉、車庫扉枠等に永久的に取付けることができる。

【 0 0 2 0 】

アクティブ反射器のシステムは、無線位置システムを形成するためにレーダーと組合せることができる。ここで、各反射器までの距離はレーダーにより測定され、そしてレーダーの位置及び／又は 1 つ若しくは複数の反射器の位置を計算するために使用される。

【 0 0 2 1 】

本発明のレーダー・システム全体は低コストの既成 ( オフザシェルフ ) 部品で

実現できる。ここに示されるアプリケーションは本発明の多くの新規な使用のほんのいくつかを示すものである。

#### 【 0 0 2 2 】

##### 発明の詳細な説明

以下に添付図面を参照して本発明の詳細な説明をする。例示的な部品の値及び回路パラメータが与えられるが、他の部品の値及び回路パラメータを用いて他の実施の形態が構築できる。

#### 【 0 0 2 3 】

図 1 は、本発明のホモダイン SSB パルス・ドップラー検知器 10 (トランシーバ装置) のブロック図を示す。RF 発振器 12 は、パルス・ドライバ 16 を経由して TX クロック (PRF 発生器) 14 からクロック・パルスを受取り、そして 2 方向 RF クアドラチュア・ネットワーク 18 を経由した後に送信機/受信機アンテナ 20 に RF バースト・パルス (送信パルス) を生成する。代替的に、RF 発振器 12 はバイスタティック・アプリケーションのために別個の送信アンテナ 22 を駆動してもよい。TX クロック 14 は典型的に 2 MHz の正方形波形を生成し、 $\sim 30 \text{ ns}$  幅パルスを形成するためにパルス・ドライバ 16 を通過される。このように、駆動パルスは比較的短い期間のクロック・パルスである。従って、TX クロック 14 及びパルス・ドライバ 16 は一緒にクロック信号発生器 15 として見ることができる。代替的に、もし、TX クロック 14 が十分に短いパルスを発生するならば、別のドライバ 16 は必要でない。これらの短パルスは加えられたバイアスの関数として大変急速に発振を開始及び停止する RF 発振器 12 をバイアス・オンする。発振は駆動パルスと位相の一貫性を有する。すなわち、駆動パルスに対する RF 正弦波形の位相が発振器が開始する度に一定にとどまる。顕著なクロック・ツー・RF ジッターが存在しない。

#### 【 0 0 2 4 】

TX クロック 14 は、周波数又は位相が、他のスペクトル・ユーザとの干渉を減少するために RF 発振器により発生されたスペクトル線を拡散するなどの業界に知られているさまざまな目的のための光学変調器 13 によるオン・オフ・ゲーティングにより変調される。変調はレーダー信号を他から識別するためにコード

されてもよい。パルス・ドライバ 16（又はより一般的にクロック信号発生器 15）は、送信パルスの長さ、従って、距離を制御するために距離調節 24 により調節できる。PRF 発生器 14 の周波数は以下に説明するように  $\Delta F$  だけ変化できる。

#### 【 0025 】

2 方向 RF クアドラチュア・ネットワーク（又は RF クアドネット）18 は、RF 発振器をアンテナ 20 に結合し、アンテナ 20 により拾い上げられるエコー・パルスを受取り、そして、位相がクアドラチュア（直交）にある、例えば、+45 及び -45 度の 2 つの出力を与える。これらの出力は RF クアドネット 18 から結合された RF パルスの P-P 値を検出してピークをホールドするピーク・ツー・ピーク（P-P）検出器 26、28 に加えられる。代替的に、これらの検出器は P-P 検出器ではなくピーク検出器であってよい。又は、これらは乗算器（すなわち、ミキサー）であってよい P-P 検出器が最大出力を発生しながら RF クアドネットへ最小の RF ローディングを与えるために P-P 検出器が好適なモードである。P-P 検出器のピーク・ホールド時間は RF サイクルに比較して大変に長く、典型的には多くのマイクロ秒から数秒である。実際には、約 10 マイクロ秒に固定され、そして検出された信号のさらなる積分は以下に説明するような検知器 10 の出力におけるオプションなローパス・フィルタ（LPF）44、46 により行うことができる。

#### 【 0026 】

RF クアドネットの代替的な実施の形態は、個別部品よりも導波管のトポロジーに基づいている。ここで送信供电要素及び I、Q 要素は、P-P 検出器にクアドラチュア（直交）出力を提供するために導波管（又は、アンテナ供电ホーン）に物理的に配されている。1 つの実現がマックユーウエンによる共通に係属している出願シリアル番号 09/073,159 「パルス化 RF 発振器及びレーダー動き検知器」の図 5 に与えられている。

#### 【 0027 】

P-P 検出器出力は、I（同相）及び Q（クアドラチュア位相）信号としての同相クアドラチュアである。I、Q 信号は、整流された DC 要素及び不要の低周

波数を除去するためにハイパス・フィルタ ( H P F ) 3 0、3 1 に供給される。増幅器 3 2、3 3 による増幅後、信号はリミッター 3 4、3 5 を経由して H P F へ戻り結合される。もし、増幅器からの信号がある値を越えているならば、リミッター 3 4、3 5 は増幅器 / H P F 経路の利得を減少して伝える。H P F が 0 . 1 H z などの低い値の遮断周波数 (例えば、呼吸監視用) に設定されている時、この特徴は長い電力上昇過渡及び大きい近距離場過渡を大いに減少する。

増幅器 3 2、3 3 は、0 . 1 H z ないし 2 k H z などの広い周波数範囲にわたってその 2 つの出力 3 8、4 0 の間に一定の 9 0 度の位相シフトを与えるベース帯域クアドネット 3 6 に結合されている。このように、増幅器 3 2、3 3 からの I、Q 信号は 9 0 度シフトされている。S S B マトリックス 4 2 は、L S B 信号を形成するために線 3 8、4 0 からの 2 つの出力を加え、そして U S B 信号を形成するために線 3 8、4 0 からの信号を引算する。L S B 及び U S B の両方の信号はレーダーに対して外向き ( L S B ) 及び内向き ( U S B ) 運動に対応したアナログ・ドップラー信号である。オプションル・ローパス・フィルタ ( L P F ) 4 4、4 6 は信号をさらに積分しそして雑音又は不要な周波数を除去するために使用できる。

#### 【 0 0 2 8 】

重み付けられた方向検出器 4 8 は、距離、すなわち、移動する対象物の変位により正味の内向き又は外向きの動きのユニポーラ表示を与えるために、L S B 及び U S B 信号を整流又は二乗しそしてフィルタする。そして、これらの表示は代数的に加算でき、図 7 を参照してより詳細に説明されるように、対向する変位の重み付け量が欠けていることにより条件付けられた正味の内向き又は外向きデジタル変位指示 5 0、5 2 を与えるためにしきい値が検出される。代替的に、重み付けられた方向検出器 4 8 が検出器 2 6、2 8 に対する I 及び Q 信号と接続できる。

#### 【 0 0 2 9 】

図 2 A は、クロック 1 4 の 1 / R E F 毎に繰返す R F 発振器 1 2 により発生されたパルス化 R F 正弦波形バースト又はパケット 1 0 0 を示す。正弦波形の 1 ないし無限の数のサイクルを含むことができる正弦波形パケットの幅は、R F パケ

ット100が終わる前にエコーが受信されなければいけないため、レーダーの最大距離の検知を画定する。P-P検出器出力102が送信パケット100のピーク振幅に関連する値を有するため、このゲーティング機構が発生する。エコー信号は常に大変低い振幅であり、もしそれらが送信パケットに加算するのに間に合うように受信されたならば、P-P振幅のみに影響を与えることができる。受信パケット、すなわち、エコーが送信パケットに加えられる時、たとえ部分的に重なり合っても、それらはP-P検出器出力をAMドップラー変化104として振幅変調(AM)する。従って、ドップラー戻りと送信パケットとのビートは、P-P検出器により検出される。この構成はサンプルを接続する長いホールド・ピーク検出器による効果的なサンプル化データ・システムである。

#### 【0030】

図2Bは、図1に詳細に示すようなレーダー及びアンテナ組合せ、又は、センサー110を示す。クアドラチュア定在波112、114が検知器から効果的に投射されている。換言すれば、もし、大きな目標物が検知器110方向へ移動すれば、そのI及びQ信号が波112、114をあたかもそれらが空間内に固定されているかのように再生する。振動する対象物が点118、120に位置する時、 $I_{vib}$ 及び $Q_{vib}$ 信号122、124が生成される。また、波112又は114のピーク又は谷で振動する対象物は定在波の傾きがゼロであるために振動を発生しない。

#### 【0031】

点118、120において強調された線により示されるように、振動は実質的に1サイクル少ない。しかし、 $I_{vib}$ 及び $Q_{vib}$ 信号はおおよそ正弦波形であって正弦振動について同相である。もし、信号する物体126が点128、130に位置するならば、位相が外れた $I_{vib}$ 及び $Q_{vib}$ 信号132、134が生成される。もし、 $I_{vib}$ 及び $Q_{vib}$ が加えられると、対象物116、126の位置に依存して振幅が2倍になるか又は無くなる。このように、I、Qの単純な加算は信頼の有る又は一貫性のある振動の検知にはならない。

#### 【0032】

もし、I、Qがクアドラチュア位相シフトされてそして加算されると、これら

は常に直交しているため加算されても決してゼロにならない。事実、これらは一定の振幅信号となり、通常の無はなく、そして検知器110の範囲内で $\lambda/4$ 毎の変化でもって360°変化する相対的位相を有する。シフトされた位相及び代数的に加算されたI、Q信号は検知器110のUSB及びLSB出力を表す。

#### 【0033】

図3は、図1のRF発振器12と、RFクアドネット18と、P-P検出器26、28の詳細を示す。+5ないし0ボルトの駆動パルス148が、RF発振器12に線150及びキャパシターダイオードACレベル・シフト・ネットワーク152を介して結合されて、コルピッツRF発振器12におおよそ0ないし-5ボルトのバイアス・パルスを与える。RF発振器出力は、RF発振器により駆動される時以外は電流を流さないクラスBバイアス・バッファ／増幅器154に結合される。バッファ／増幅器はRFクアドネット18へRFパルス158（実際の915MHzハードウェア・データ）を形成するためにハーモニック阻止フィルタ156を介して結合される。選択的に、送信アンテナ22は別個の送信位置を与えるためにクアドネットへ結合できる。この送信モードは一般には好まれない。しかし、バイスタティック・レーダー構成においていくつかのアプリケーションを有する。好ましいアンテナ構成は、単一の送信／受信アンテナ20に結合されたRFクアドネットを有する。

#### 【0034】

クアドラチュア・ネットワーク18は、遅れた位相シフトを与えるために抵抗と直列に配されたインダクタからなる1つと進んだ位相シフトを与えるために抵抗と直列に配されたキャパシタからなる別の腕を有する2つのブランチを持ったブリッジ回路である。RF搬送波周波数の約±10%の帯域にわたって、ノード160、162に現れる位相差は正確なクアドラチュア、すなわち、90°の2°以内に留まる。搬送波周波数はその設計値の1%以内に維持されているため、正確な90°位相シフトが維持される。

#### 【0035】

RFパルス158は、アンテナ20への運搬中にRFクアドネット18を通過し、ノード160において+22.5度の位相シフトを受け、ノード162にお

いて-22.5度の位相シフトを受ける。受信されたエコー・パルスは、ノード160、162間で90度の正味のドップラー・ビート周波數位相シフトを与えるために同様の位相シフトを受ける。このように、90度位相シフトの部分は、送信の際に生じ、そして受信の際に一部が生じ、ネットワークを2方向性位相シフト・ネットワークにする。位相シフトの相対的な量は各方向において等しくなくてもよい。単に、全体の2方向性位相シフトが90度であることが必要である。伝送線を介してネットワークのこのタイプの利点の1つはそれは1点で動作して、このため、ハーモニック・フィルタ156とアンテナ20の間に発生する電圧定在波比(VSWR)に対して敏感でないことである。

#### 【0036】

ピーク・ツー・ピーク検出器26(28)は、2つのダイオードからなり、1つはノード160(162)に現れるRFサイクルの正半分を伝導し、他は負のサイクルの際に伝導する。 $I_{DET}$ ( $Q_{DET}$ )に現れる電圧は2つのダイオードの電圧降下を引いたピーク・ツー・ピークRF電圧に等しい。

#### 【0037】

P-P検出器26、28はノード160、162に結合されていて、図5Aのベース帯域クアドネットへ $I_{DET}$ 及び $Q_{DET}$ 検出電圧を与える。これらの検出器に付随した抵抗及びキャパシタは1つ以上のRFパルス繰返しにわたってピーク・ホールディング時間を与え、そして個別のRFパルスの一貫性のある積分を実行するために大きさが決められる。

#### 【0038】

図4は、図1中のHPF30、増幅器32、及びリミッター34の詳細を示す。HPF30はRCネットワークであり、 $I_{DET}$ 信号を増幅器32に結合し、この増幅器の出力がリミッター・スケーリング増幅器170に結合される。他のチャンネル( $Q_{DET}$ )の動作は同様である。スケーリング増幅器の利得はリミッター34のリミッター・ダイオード34a、bを駆動するために増幅器32の出力に要求される電圧を、余分な入力信号をHPF30へそらす条件に設定する。リミッター34の利点は、HPF入力キャパシタ172をノード174において近ゼロ電圧状態に急速に持つて来ることができることである。入力キャパシタ17

2 は、しばしば大変に大きくて、ダイオード 34 a、b がなければ充電するために大変な時間がかかる。通常の動作下では、ノード 174 のドップラー電圧はダイオード 34 a、b を伝導するには小さすぎる。ダイオード 34 a、b は、低コスト低漏れ個別ダイオードに限られた利用しかできないのに対して、低コスト・トランジスタ、例えば、2N3904、における大変低い漏れジャクシオンを容易に利用できるため、個別のダイオードよりは、背中合わせのトランジスタ・ダイオード・ジャンクションで形成される。

#### 【 0 0 3 9 】

図 5 A は、図 1 に示されるベース帯域クアドネット 36 及び SSB マトリックス 42 を示す。ベース帯域クアドネットは、業界に良く知られているアクティブ・オールパス・ネットワークの二重はしごから構成される。SSB マトリックスは LSB 出力を形成するために 2 つのクアドネット出力チャンネル 38、40 を加算して反転し、そして USB 出力を形成するために 2 つのクアドネット・チャンネル引算して反転する。最高の性能のために、図 5 A 中の全ての抵抗とキャパシタは正確な値でなければならない（例えば、1%の正確性又はそれ以上）。本発明のいくつかのアプリケーションは単一基本帯域周波数で動作し、図 5 A に示される 40 進の周波数間隔よりも大きいものを生ずる 8 ステージの代わりに、単に 1 つのオールパス・クアドネットのステージが必要とされる。一般に、N ステージが利用できる。ここで、N は整数である。

#### 【 0 0 4 0 】

図 5 B は、クアドネットへの 2 つの入力がゼロ位相差を有すると仮定した、広い周波数範囲にわたってクアドネット 36 の出力 38、40 の位相差を描いたものである。このタイプのオールパス位相分割器の大部分はオクターブ又はおおよそ周波数範囲の十進にわたって動作する。図 5 B は、単に 8 ステージ・ネットワークと共に 40 進の範囲にわたって示す。この数学的シミュレーションはハードウェアにおいて確認されている。

#### 【 0 0 4 1 】

図 5 C、図 5 D は、916 MHz の RF 中心周波数の回りに  $\pm 20$  Hz 間隔及び  $\pm 2$  KHz 間隔で周波数に対して USB 及び LSB チャンネル分離を描いたも

のである。図の中心のUSB、LSBクロスオーバーはおどろくほどシャープである。この図は、PRFクロック14を916MHzの回りに1Hzステップで図5Cにおいては±20Hz、図5Dにおいては±2kHzをスイープするように設定されたHP8660C周波数シンセサイザーに同期させることにより作られた。RF発振器12はPRFクロック14に位相が固定されているため、RF発振器はPRFの倍数毎に正確なスペクトル線を有する。PRFは2MHzに設定されていて、そしてRFパルス幅は30nsであった。図5C及び図5Dに示される粗さのいくつかは離散したステップ及び描写のエイリアシングの人工物に起因する。基本帯域クアドネットは180のわずかな信号により見られるように分離レベルを制限した5%部品により製造された。

#### 【 0 0 4 2 】

図6Aは、図1に基づいた一般的な振動検知設定にある検知器110を示す。RFパルス200は、対象物204へ送信されて反射される。いくつかの構成においては、非不透明な材料202が伝搬経路中にある。全ての又はどんな検知器110、材料202、又は反射対象物204は、特定目的のアプリケーション又はイメージングのために図6A中に一般に210の矢印に示されるように回転又は空間的に移動できる。いくつかの場合においては、対象物204は、例えば、移動する人、車、又はファン刃のように長い距離を通じて単に移動し又は回転される。他の場合においては、対象物204は機械的、音声的（例えば、マイクロフォン・アプリケーション）、磁氣的（例えば、ラウドスピーカー・アプリケーション）、光学的又は電磁氣的刺激であってよいエキサイター208の結果として振動してよい。プロセッサー212は、符号が付けられた強度信号を与えるために、2乗、積分、及び加算などの演算をUSB、LSBドップラー側波帯について実行できる。当然に、ドップラー側波帯サインのFFTを取ることを含む数多くの処理機能が可能である。

#### 【 0 0 4 3 】

図6Aの設定についての1つのアプリケーションは、振動対象物204上の被覆206に起因する振動特性のシフトの検出に依存する。被覆はメッキ、ポリマー被覆、汚染物等であってよく、その厚さ又はその他の特性は検知器110によ

る非接触ベースで評価してもよい。

【 0 0 4 4 】

図 6 B、図 6 C は、図 6 A の声帯マイクロフォン・アプリケーションを示す。ここで、ヘッドセットは図 1 の検知器のアンテナ 2 2 2 又は 2 2 4 と共に従来のブーム・マイクロフォン 2 0 0 を結合している。ブーム 2 2 6 はアンテナ 2 2 2 又は 2 2 4 を 2 方向性クアドネット 1 8 へ接続するケーブルを収容する。アンテナ 2 2 2 は、一般に相互接続ケーブルのシールドに接続されている接地要素 2 2 8 と放射器 2 2 7 からなるダイポールである。アンテナ 2 2 4 は、音声マイクロフォン 2 2 0 を機械的に支持する役目も果たす接地要素 2 3 2 と放射要素 2 3 0 とからなるダイポールである。明らかに、ダイポール・アンテナについての他の変形も可能である。アンテナ 2 2 2 を使用して、図 1 の I ( 同相 ) 及び U S B 信号について図 6 F 内に音 “ h m m m ” の応答が描かれている。

【 0 0 4 5 】

図 6 D には距離に対する振動する金属ツイザーズへの I ( 同相 ) 及び U S B 応答が描かれている。図 2 B に関して説明された問題の無の応答が、I ( 同相 ) チャンネルに明確に見えるが、U S B チャンネルには存在しないことがわかる。従って、S S B 復調の価値が示される。

【 0 0 4 6 】

図 6 E は、ドップラー側波帯の分離を示すために図 6 A の検知器から外又は遠ざかる方へ歩き、停止し、そして内へ歩く人の応答を示す。わずかなチャンネルのブリード・スルー 2 4 0 がベース帯域クアドネット 3 6 の不正確部品のから発生する。

【 0 0 4 7 】

図 6 G は、図 6 A に概略的に描かれたシステムを使用して、胸に押された単純なダイポール・アンテナを使用して心臓の活動の同時的な内方向及び外方向成分を示す。この S S B サインは、感度が無いところがないために、従来技術のレーダーよりも胸上のアンテナ位置に対してより一貫している。U S B 及び L S B 波形はより一般的で一貫性のあるサインのために符号付きの大きさ指示へさらに処理できる。E K G 波形と組合せられる時、心臓刺激 - 応答データが手術又は長期

間の治療の際の非接触監視を含む、有望な診断／監視アプリケーションに利用可能となる。

【 0 0 4 8 】

図 6 H は、約 1 メートルの距離で図 6 A の設定についての呼吸運動を示し、非接触患者監視又は S I D S 検出のための潜在能力を示す。

【 0 0 4 9 】

図 6 I は、約 1 / 2 メートルの距離におけるコードレス・ハンマー・ドリルからの 2 つの顕著なサインを示し、機械の運動の監視又は診断をするための図 6 A の設定についての潜在能力を示す。

【 0 0 5 0 】

図 6 J は、ステレオ・ギター・ピックアップを初めて示す。ギター弦に平行に置かれた 9 1 5 M H z ダイポールにより、弦の 1 つ弾くことについてさえも U S B 及び L S B “ステレオ”チャンネルに多種の顕著に異なった波形を観察することができる。ステレオ・ヘッドホンによる試聴が図 6 J の演奏を提供し、両チャンネルは同じ振幅を与え且つ同じ周波数を有するが、音調の品質は右と左のヘッドホンでは大変に異なる。インド人のシタールの演奏者は 1 つの音色内にすべての音楽が含まれていると主張している。このステレオ S S B ドップラー・レーダー・ピックアップのオープンでエアリーな広がりで聞く時、全てが倍音の中にある。

【 0 0 5 1 】

図 6 K は、図 6 A の設定に対する 9 1 5 M H z ダイポールから 5 c m 離れた回転する金属刃により生成され、観察範囲に対する同期ピックアップとして I チャンネルを使用した図である。これから理解されるように、Q チャンネルの位相は回転方向に依存する。このように、単一ダイポールは刃の回転方向を検知できる。

【 0 0 5 2 】

図 7 は、動く対象物に対する図 6 A の設定中に一般に使用される図 1 の重み付けした方向検出器 4 8 のブロック図である。図 1 の検知器からの U S B 、 L S B 出力は単極性変化信号を与えるために絶対値回路 2 5 0 、 2 5 2 、又は代替的に 2 乗回路へ加えられ、そして内向運動については線 2 5 8 上に、外向運動につい

ては線260上に、積分された動きスルー距離、又は、変位サインを与えるためにLPF254、256でフィルタされる。加算要素262は、外向チャンネル(LSB)に割当てられた重み $W_L > 1$  (典型的に、 $W_L \sim 10$ )を使用して内向サインから外向サインを引き、そして、同様に、外向サインから内向サインを引く加算要素264に対しては、内向きチャンネルに割当てられた重み $W_U > 1$ が使用される。このように加算要素262は、もし同時的に外向変位サインがなければ(普通、移動する車又は人については不可能)、内向変位について線258から正の変位サインを出力する。もし、同時的な外向変位があれば、加算要素262の出力は加算入力 $W_L$ への線260上のサインの印加に起因して鋭く負に振れる。従って、同時的な反対変位の任意の小さな量は加算出力に正の出力が発生することを防ぐ。真実の変位はしきい値比較器266、268のしきい値 $V_{R1}$ 、 $V_{R2}$ を越えることができる正の和を発生し、そしてデジタルのIN(内)又はOUT(外)の指示を発生する(これらはプロセス等を制御するためにプロセッサ270によりさらに処理できる)。

#### 【0053】

明らかに、RF干渉は線258、260上に大まかに等しいサインを発生する。重み付け $W_L$ 、 $W_U$ により、大きさにおいて $W_L$ 、 $W_U$ が増加するため、正の加算及び潜在的な偽のトリガーをする確率はゼロに近づく。この結果、この設計に基づく検知器は増加するRF干渉について増加的に無感覚となり、RF干渉に起因して決して偽の警報をトリガーしない。

#### 【0054】

図8Aは、材料の厚さ、特に、タンク310内の液体301の高さ、を測定するための一般的な設定を示す。検知器110は材料又は液体301を通過するRFパルス200を送信し、それは振動又はアクティブ反射器300から反射される。アクティブ反射器は図10Aを参照してさらに詳細に説明される。反射器300は、エキサイター302の制御の下、急速に開いたり閉じたりするスイッチに接続されたダイポールなどのアクティブに変調されたアンテナである。代替的に、別のアクティブ反射器304は蛍光灯、機械的振動装置、又は、送信されたRFパルス200の位相を変調可能などんな反射器であってよい。

## 【 0 0 5 5 】

検知器 1 1 0 からの U S B、L S B 出力は、アクティブ反射器 3 0 0 までの距離、又は、介在する材料の高さと誘電定数の組合せにより変化する位相関係を有する。U S B、L S B 位相は見かけの反射器距離の線形関数であり、深さ又は厚さ指示を与えるために位相メータ 3 0 6 により測定される。深さ又は厚さ指示はレベル・コントローラ又は他の応答装置を動作させるためにプロセッサ 3 0 8 により処理される。

## 【 0 0 5 6 】

アクティブ反射器 3 0 0、3 0 4 が便宜上、タンク 3 1 0 の外側に示されているが、タンクの内側に配置されてもよい。例えば、ユニット化されたディップステイックを形成するために検知器 1 1 0 に取り付けられたロッド 3 1 2 上に搭載されてもよい。

## 【 0 0 5 7 】

R F 発振器 1 2 の中心周波数は、図 1 に示すようにクロック 1 4 の P R F を  $\Delta F$  だけ変化させることにより、小さな量  $\Delta F$  だけ変化でき、U S B、L S B 位相読取りをオフセットして、距離の  $\lambda / 4$  毎に繰返す U S B、L S B 位相不明瞭さよりもずっと長い、 $1 / \Delta F$  に関連した距離不明瞭さを持つ副尺効果を与える。従って、 $\Delta F$  だけ離された 2 つの周波数で U S B、L S B 位相を比較することにより、粗い距離測定が  $1 / \Delta F$  に関連した距離間隔にわたって行なうことができる。一方、精度の高い距離測定が単に 1 つの周波数において U S B、L S B 位相を見ることにより行なうことができる。 $\Delta F$  に基づいた位相副尺効果は他のアプリケーションにおいては良く知られている。

## 【 0 0 5 8 】

図 8 B は、タイミング基準としてオシロスコープを開始するのに使用される U S B 応答と、距離において  $R_2 - R_1 \sim 2$  センチ変化を表す、距離  $R_1$ 、 $R_2$  における位相を変化するのに見られる L S B 応答とを描いている。一对の 2 5 0 H z 振動ツイザーズがアクティブ反射器として使用された。距離に対する位相シフトは、R F の  $1 / 4$  波長毎に対して 3 6 0 度を通してサイクルする。この位相シフトはアクティブ反射器の振動周波数又は変調とは独立である。

## 【 0 0 5 9 】

図 8 C は、検知器 1 1 0 と反射器 3 0 4 との間に 3 センチの紙が挿入された時の位相の変化を示し、作物栽培者又はドライヤーに有用な材料厚さ計又は誘電定数検知器としての本発明の用途を示す。

## 【 0 0 6 0 】

図 8 D は、検知器 1 1 0 と反射器 3 0 4 との間に 1 センチの水が挿入された時の位相の変化を示す（すなわち、10 センチの水を含んだタンクに 1 センチの水が追加された（R E F 波形））。

## 【 0 0 6 1 】

図 9 A は、普通は偶然又は予期されない効果としてのレーダー断面積の変化又は反射器  $\Delta$ -R C S に基づいた普通でないアクティブ反射器形態を示す。この効果は 2 つの対象物が離れているときに電氣的に接触している時と比べて異なる R C S を有する事実起因する。例えば、2 つの 4 分の 1 波長の金属片は接触して単一の半波長反射器を形成する時と比べて隔離されている時は異なる反射をする。もし、2 つの片が断続的に接触すると、これらは容易に検出可能な雑音に似たサインを発生する。

## 【 0 0 6 2 】

図 9 B は、2 つの滑らかな金属ロッド（実際は大変滑らかなステンレススチール・ツイザーズ）が互いに静かに滑る又は擦る時の  $\Delta$ -R C S 効果を示す。

## 【 0 0 6 3 】

図 9 A のシステムは、図 6 A のそれと類似している。対象物 3 6 0 は 2 つのロッドまたは他のオブジェクト 3 5 9、3 6 1 を含む。いくつかの構成において、非不透明材料 2 0 2 が伝播経路に存在する。どんな又は全ての検知器 1 1 0、材料 2 0 2、又は反射対象物 3 5 9、3 6 1 は、アプリケーション特有目的又は映像のために図 6 A 内の矢印に示すように空間的に移動又は回転されてもよい。対象物 3 5 6 は、機械的、音響的、磁氣的、光学的又は電磁氣的刺激であってよいエキサイター 2 0 8 の結果として、振動してもよい。プロセッサー 2 1 2 は、符号が付けられた大きさ信号を与えるため、2 乗、積分及び加算などのさまざまな演算を U S B、L S B ドップラー側波帯に実行できる。当然に、ドップラー側波

帯サインの F F T を取ることを含む多数の他の処理機能が可能である。

【 0 0 6 4 】

図 9 C は金を見つけるための  $\Delta - R C S$  検出方法についての潜在能力を示す。しばしば、金のかたまりは割れ目のある水晶又は他の岩石材料中に閉じ込められている。割れ目が一般領域に加えられる圧力 P により僅かに動かされる又は曲げられると、割れ目にあるかたまりは擦られて図 9 C に示すような  $\Delta - R C S$  サインを生ずる。カリフォルニア金鉱からの水晶中の埋め込まれた金のかたまりは本発明による間に合わせのレーダーを使用して 2 メートルの距離で検出できた。圧力 P はスレッジ・ハンマーにより金鉱の壁を叩く又は小さな爆薬の一撃によりかたまりまで伝搬できる。そして、検知器 110 は岩石に埋め込まれた金属の擦れから主として発生する  $\Delta - R C S$  サインを検出するために、ヘッドホン又は記録手段を装備することができる。図 9 A 内には、対象物 360 を材料 350 と置換え、そして圧力 P を材料に加えることにより、材料 350 中の金のかたまり 309 を検出することが示されている。

【 0 0 6 5 】

図 9 D は、本発明の別の使用を示す。これはトランジスタ及びそれらの相互接続のスイッチングにより、オーディオ・トランジスタ及びそれらの相互接続などの可変伝導率装置により発生された  $\Delta - R C S$  に基づいた電子製品の非接触読取りである。図 9 D は太陽電池で駆動される電子計算機からのサインである。このサインはラウド・スピーカーで演奏でき、さまざまな処理機能が娯楽の新案として聞くことができる。明らかに、おもちゃが本発明に基づいて作れる。人形やイースター卵に、おもちゃレーダー“懐中電灯”により照射されている時に声がレーダーの戻りを変調する反射器を含むことができる。

【 0 0 6 6 】

図 10 A は、図 1 に基づいた一般的なアクティブ反射器設定の検知器 110 を示す。RF パルス 200 が、アクティブ反射器 400 へ送信されて反射される。いくつかの構成において、非不透明材料 202 が伝搬経路中に存在する。どんな又は全ての検知器 110、材料 202、又は反射対象物 400 は、アプリケーション特別目的又は映像のために図 10 A の矢印に示すように空間移動又は回転し

てよい。いくつかの場合には、アクティブ反射器400が、例えば、移動する人、車、又はファン刃に取り付けられて長い距離中を単に移動又は回転される。別の場合には、アクティブ反射器400は、機械的、音響的、磁氣的、光学的又は電磁氣的刺激であってよいエキサイター又はドライバー406の結果により、反射を変調できる。ドライバーは、音声、音楽、CW又はデータ信号408により活性できる。エキサイター406は、トランジスタ・スイッチ又はその他の電子ドライバーであってよい。プロセッサ212は、符号が付いた大きさの信号を提供するために2乗、積分、及び加算などのさまざまな演算をUSB、LSBドップラー側波帯に実行できる。当然に、ドップラー側波帯サインのFFTを取ることを含む多くの他の処理機能が可能である。この設定の独特な能力は、図8B、C、Dに示されるのと同様にUSB/LSB位相関係から検知器110と反射器400との間の距離を測定する能力である。

#### 【0067】

アクティブ反射器400は、要素402、要素402に接続するスイッチ404、及びスイッチ404に接続するスイッチ・ドライバー406を含む。要素402は理想的には $\lambda/4$ 長のモノポール又はそれぞれ2つのダイポール・アンテナ要素であってよい。代替的に、反射器400は導波管搭載スイッチ又は蛍光灯などの反射プラズマを含む、どんな反射構成であってよい。

#### 【0068】

図10Bは音声情報を送信するための図10Aのアクティブ反射器システムの能力を示す。このデータはドライバー406としてのAMラジオの出力をアクティブ反射器400へ結合することにより得られた。ここで、スイッチ404はシリコン・バイポーラ・トランジスタから形成された。この構成についての用途は、検知器110からのビーム200により照射された時に、検知器110のUSB又はLSB出力に接続されたラウドスピーカーによりそれらのデータを「話す」RFIDタグを含む。

#### 【0069】

図10Cは、図10Aの設定を使用したRFビーム中断アプリケーションについてのデータを示す。ここで、材料202は不透明で、検知器110と反射器4

00の間に挿入されると時、ビーム200を阻止する。0.5メートルの検知器-反射器の間隔の間に人の腕が通過することに対する阻止410が、図10Cのデータに示される。図10AのRFビーム中断モードについてのアプリケーションは、機械安全検知器、歩行者及び自動車交通制御システム、家庭セキュリティ及び自動化等を含む。明らかに、1つよりも多い数の反射器400が単一の検知器110と共に使用でき、各々にドライバー406により異なる周波数又はコードが与えられる。ドライバー406はアクティブ・フィルタの太陽電池又は多年バッテリー動作を可能にするために微小電力動作に設計できる。

#### 【0070】

図11は、図10Aのシステムについての無線位置決めアプリケーションを示している。検知器110は、ビーム412、414、及び416をアクティブ反射器424、426、及び428へ送信する。ビーム経路には非不透明材料418、420、及び422が介在するかもしれない。これらの材料は建物の壁などのように不可避で意図的でないかもしれない。又は、映像のためや厚さ又は誘電定数などの材料についての情報を得るためにビーム経路に置かれてもよい。各アクティブ反射器は検知器と共に干渉ベースで全てのアクティブ反射器が動作することを可能にするために時間順序、多重音、又はコード変調してもよい。各反射器までの距離R1、R2、R3は、図8B、C、及びDから理解されるようにUSB、LSB位相から導出される。R1、R2、及びR3と位置L1、L2、及びL3の与えられた知識から、検知器110の位置Lxが計算できる。反射器の位置及び数に依存して、システム中の他の要素の位置を決定するために全ての距離及び位置を知る必要はない。このシステムの潜在的な有用性は機械制御、在庫追跡、及びデジタル手術を含む。このシステムの特徴は、RF搬送波の位相は大変高い解像度で測定できるため、相対的に低いRF周波数により高い解像度をえることができる能力である。

#### 【0071】

図8Aに示すように、RF発振器12の中心周波数は小さい量 $\Delta F$ だけ変化することができ、USB、LSB位相読取りをオフセットして、 $\lambda/4$ 毎の距離について繰り返すUSB、LSB位相の不明瞭さよりもずっと長い $1/\Delta F$ に関係

した距離不明瞭さを持つ副尺効果を発生する。

#### 【 0 0 7 2 】

図 1 2 A は、アクティブ・クアドラチュア設定における検知器 1 1 0 を示している。R F パルス 2 0 0 は、クアドラチュア・ネットワーク 5 0 4 に接続された要素 5 0 2 から形成されたアクティブ・クアドラチュア反射器 5 0 0 へ送信されて反射される。いくつかの構成において、非不透明材料 2 0 2 が伝搬経路に存在する。どんな又は全ての検知器 1 1 0、材料 2 0 2、又は反射対象物 5 0 0 は映像のため又はアプリケーション特有目的のため図 1 0 A 内の矢印に示されるように空間的に移動又は回転されてもよい。いくつかの場合において、反射器 5 0 0 は例えば、移動する人、車、又はファン刃に取り付けられた長い距離にわたって単純に移動又は回転される。他の場合において、アクティブ反射器 5 0 0 は、R F クアドラチュア・ネットワーク 5 0 4 への入力 ( C T R L 及び M O D ) に応答して一般にクアドラチュア位相ベース帯域データ (  $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$  ) を与える機械的、音響的、磁氣的、光学的、又は電磁氣的刺激であつてよいクアドラチュア・ドライバ 5 0 6 の結果として反射を変調できるようにしてよい。プロセッサ 2 1 2 は、符号付きの大きさの信号を与えるために 2 乗、積分、及び加算などのさまざまな演算を U S B、L S B ドップラー側波帯に実行できる。当然に、ドップラー側波帯サインの F F T を取ることを含む多くの他の処理機能も可能である。この設定の独特な能力は、図 8 B、C、及び D に示されるのと同様に、U S B / L S B 位相関係から検知器 1 1 0 と反射器 5 0 0 の間の距離を測定する能力である。

#### 【 0 0 7 3 】

図 1 2 B は、クアドラチュア・ネットワーク 5 0 4 の 1 つの実施の形態を示す。アナログ又はデジタルであるクアドラチュア・ベース帯域データ (  $\Phi 1$ 、 $\Phi 2$  ) がクアドラチュア・ドライバ 5 0 6 によりネットワーク 5 0 4 へ与えられる。ネットワーク 5 0 4 は、位相シフト要素 5 1 0、5 1 2 を接地に切替えるためのバイポーラ・トランジスタ 5 0 7、5 0 8 からなる 2 つのスイッチを含み、これにより反射器 5 0 0 のアンテナ／反射器要素 5 0 2 の反射の位相を修正する。明らかに、アナログ又はデジタルにかかわらず、スイッチ要素 5 0 7、5 0 8 及び位相シフト要素 5 1 0、5 1 2 の別の実施の形態が本発明の範囲内で可能であ

る。

#### 【 0 0 7 4 】

図 1 2 C 及び D は、図 1 2 A の設定と共に可能な U S B 、 L S B チャンネル分離を示す。図 1 2 C は、 $\Phi 1$  が  $\Phi 2$  よりも先の検知器 1 1 0 の U S B 、 L S B 出力での応答を示し、これにより U S B チャンネルのみに応答を発生する。図 1 2 D は、 $\Phi 1$  が  $\Phi 2$  よりも後の L S B 応答を示す。C T R L とラベルが付けられたクアド・ドライバ 5 0 6 入力は位相進み／遅れ状態を制御し、M O D とラベルが付けられたクアド・ドライバ入力は声、データ、又は音変調入力であり、クアド・ドライバ 5 0 6 機能内で 2 つのベース帯域位相  $\Phi 1$  、  $\Phi 2$  に分割される。

#### 【 0 0 7 5 】

アクティブ反射器が L S B に対して設定される時、反射器 5 0 0 は図 1 2 A の検知器 1 1 0 から遠ざかる方へ移動するように見える。そして、反射器が U S B に対して設定される時、反射器 5 0 0 は検知器 1 1 0 の方向へ移動するように見える。もし、検知器 1 1 0 (図 1 に示すような) の I 、 Q 出力が観察されれば、反射器 5 0 0 は  $\Phi 1$  、  $\Phi 2$  の間の位相関係により定義される方向に回転しているように見える。

#### 【 0 0 7 6 】

本発明がこの周波数の増強された材料浸透のため、9 1 5 M H z システムを参照して説明されたが、本発明の原理は他の周波数、例えば、2 . 4 G H z 、 5 . 8 G H z 、又は 2 4 G H z にも適用できる。複数の検知器又は反射器の使用を含む詳細に説明された実施の形態についての変形及び修正が、特許請求の範囲の記載により限定されることが意図された本発明の範囲から何時だすることなく可能である。

#### 【 図面の簡単な説明 】

##### 【 図 1 】

本発明の単側波帯パルス・ドップラー・レーダーのブロック図。

##### 【 図 2 A 】

図 1 のレーダーの R F パルスと検出器信号を示す図。

##### 【 図 2 B 】

図 1 のレーダーの振動検知モードにおける振動誘起位相変調を示す図。

【図 3】

図 1 の R F 発振器、2 方向クアドネット及びピーク・ツー・ピーク検出器の概略図。

【図 4】

図 1 のハイパス・フィルター、増幅器及びリミッターの概略図。

【図 5 A】

図 1 のベース帯域クアドネット及び S S B マトリックスの概略図。

【図 5 B】

図 1 のベース帯域クアドネットの位相特性の数学的プロットを示す図。

【図 5 C】

図 1 のシステムに対する短パルス R F 搬送波の  $\pm 20 \text{ Hz}$  内の側波帯分離を示すハードウェア・データの図。

【図 5 D】

図 1 のシステムに対する短パルス R F 搬送波の  $\pm 2 \text{ kHz}$  内の側波帯分離を示すハードウェア・データの図。

【図 6 A】

振動又は移動する対象物を検出するためのシステムの一般的な構成を示す図。

【図 6 B】

図 6 A のシステムのレーダーのドマイクロフォンの構成を示す図。

【図 6 C】

図 6 A のシステムの代替的なレーダーのドマイクロフォンの構成を示す図。

【図 6 D】

図 6 A の設定について一対の振動ツイザーズと距離に対する応答を示す図。

【図 6 E】

図 6 A の設定について外方向と内方向へ歩く人に対する応答を示す図。

【図 6 F】

図 6 A の設定について“h m m m”の音についての人の声帯の振動に対する応答を示す図。

## 【図 6 G】

図 6 A の設定について人の心臓の動きに対する応答を示す図。

## 【図 6 H】

図 6 A の設定について人の呼吸の動きに対する応答を示す図。

## 【図 6 I】

図 6 A の設定についてハンマー・ドリルの動きに対する応答を示す図。

## 【図 6 J】

図 6 A の設定について単一の弾かれたギター弦のステレオ応答を示す図。

## 【図 6 K】

図 6 A の設定について C W (時計方向) 及び C C W (反時計方向) 回転刃に対する応答を示す図。

## 【図 7】

図 6 A の一般的設定に対する重み付け対象物変位検知器を示す図。

## 【図 8 A】

図 6 A のシステムと共にアクティブ反射器を使用したレベル又は厚さ計を示す図。

## 【図 8 B】

図 8 A の設定についての距離に対して側波帯位相の関係を示す図。

## 【図 8 C】

目標経路内に挿入された 3 c m の紙による側波帯位相のシフトを示す図。

## 【図 8 D】

目標経路内の水の 1 c m の増加による側波帯位相のシフトを示す図。

## 【図 9 A】

目標  $\Delta$  - R C S を検出するための一般的な構成を示す図。

## 【図 9 B】

図 9 A の設定について滑らかな金属ツイザーズを擦ることへの応答を示す図。

## 【図 9 C】

図 9 A の設定について水晶中に埋め込まれた金のかたまりへの応答を示す図。

## 【図 9 D】

図 9 A の設定について電子計算機への応答を示す図。

【図 10 A】

図 1 の検知器と共にシステム内のアクティブ反射器を使用した一般的な構成を示す図。

【図 10 B】

アクティブ反射器が音声により電子的に変調された時の図 10 A のシステムの応答を示す図。

【図 10 C】

図 10 A のシステムの検知器とアクティブ反射器の間の経路を人の腕が遮った時の応答を示す図。

【図 11】

図 10 A のシステムに基づいた多反射器無線位置システムを示す図。

【図 12 A】

図 1 の検知器と共にシステム内の単一側波帯アクティブ反射器のブロック図。

【図 12 B】

図 12 A の S S B 反射器の概略図。

【図 12 C】

アクティブ反射器の位相進み変調に対する図 12 A の検知器からの U S B 及び L S B 応答を示す図。

【図 12 D】

アクティブ反射器の位相遅れ変調に対する図 12 A の検知器からの U S B 及び L S B 応答を示す図。



【 図 2 A 】

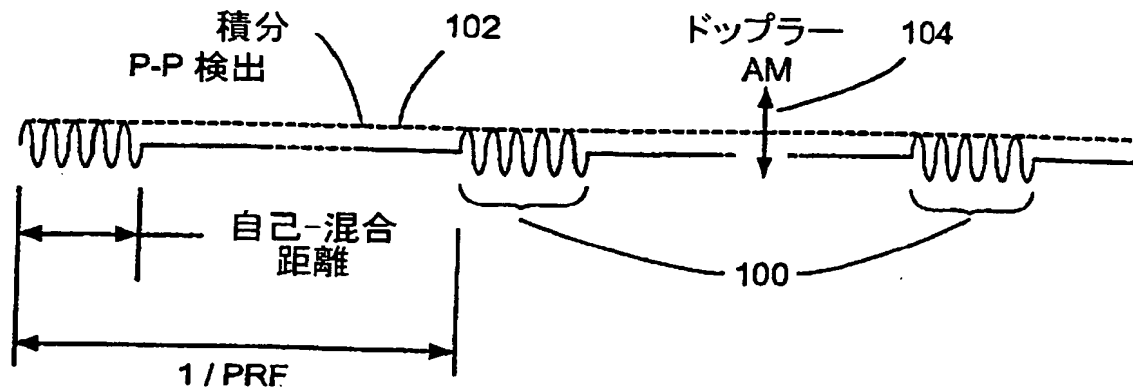


FIG. 2A

【 図 2 B 】

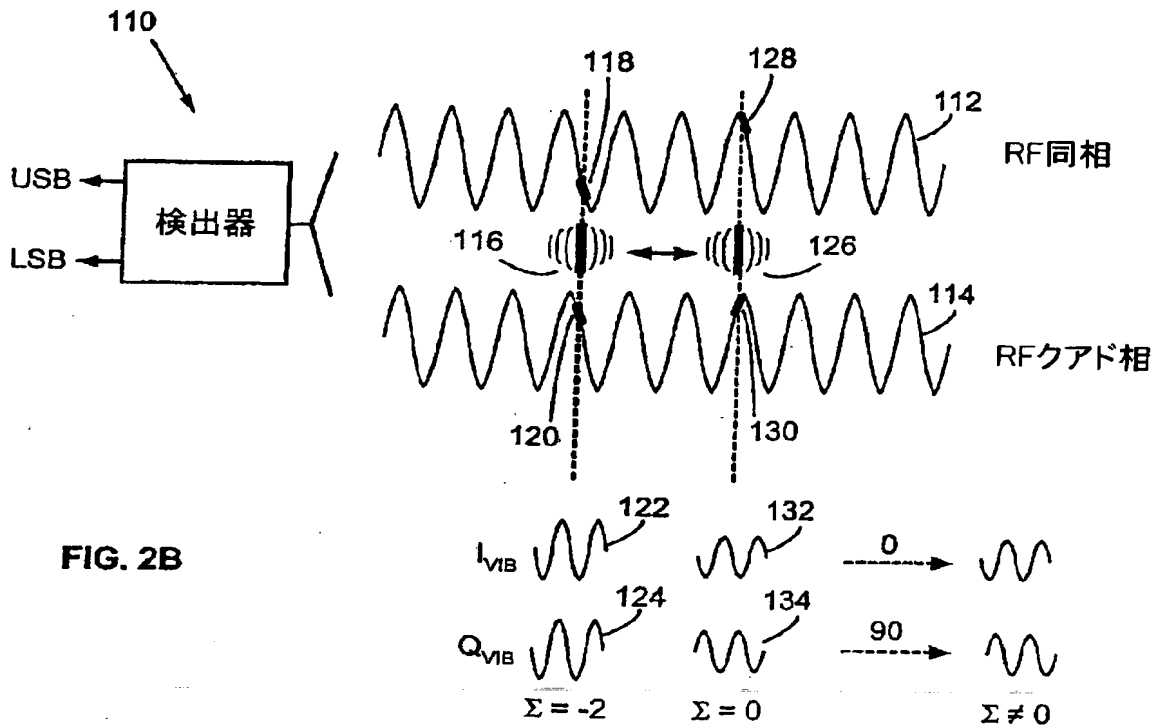


FIG. 2B

【 図 3 】

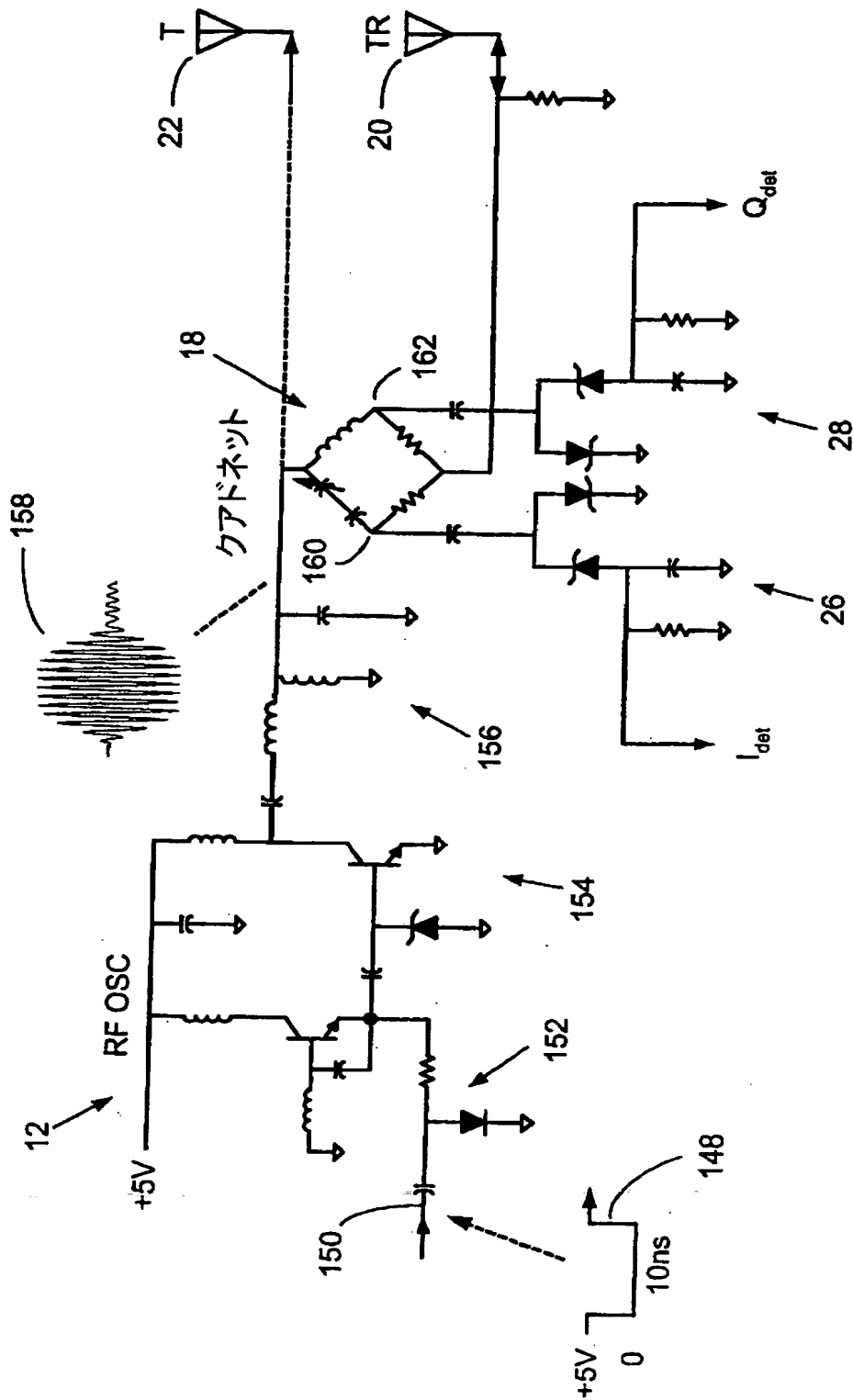


FIG. 3

【 図 4 】

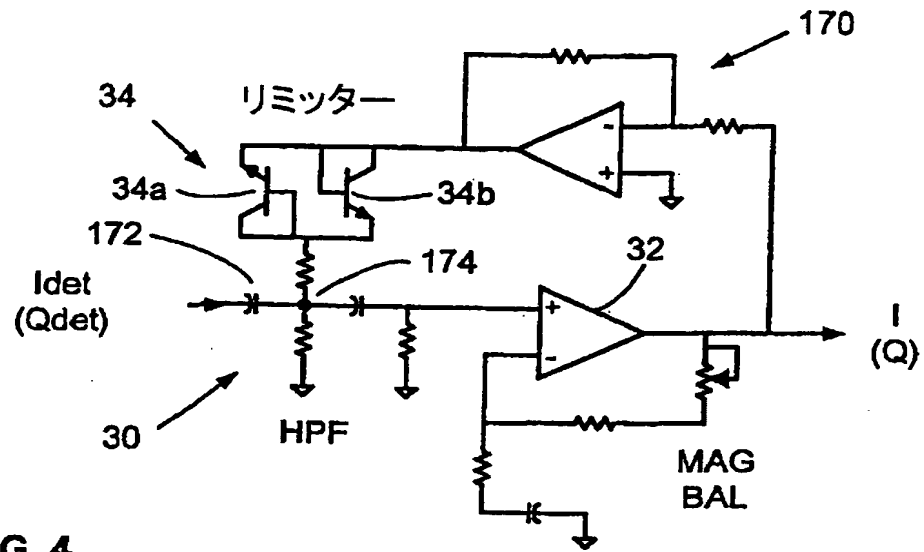


FIG. 4

【 図 5 A 】

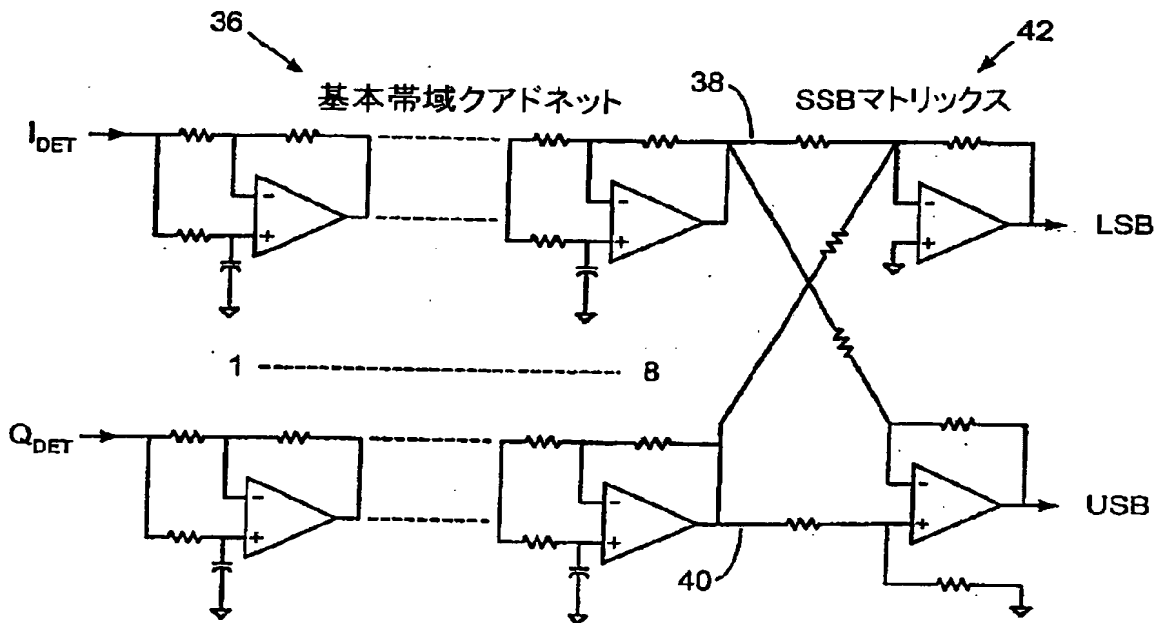


FIG. 5A

【 図 5 B 】

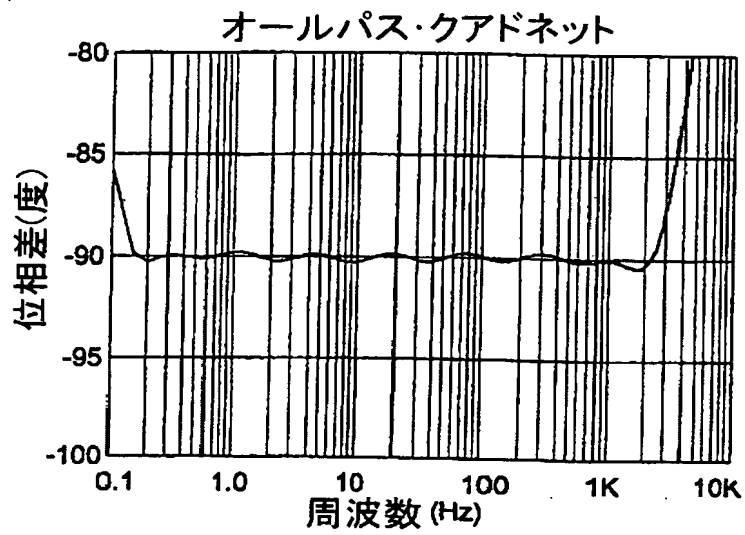


FIG. 5B

【 図 5 C 】

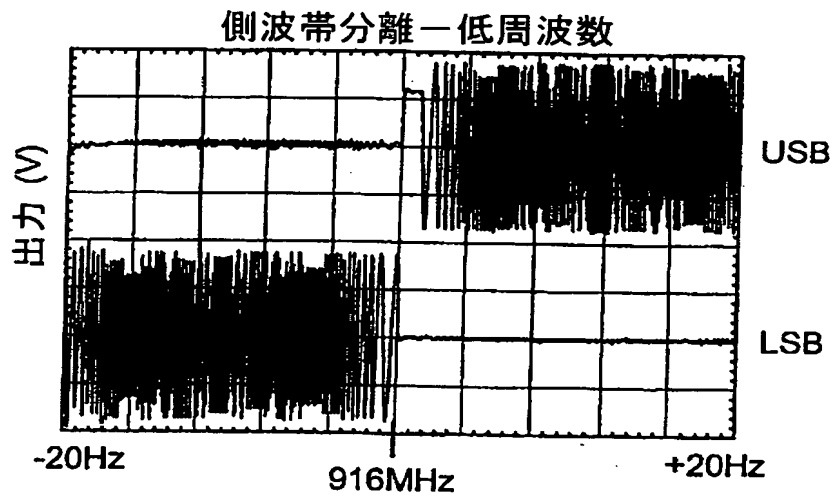


FIG. 5C

【図 5 D】

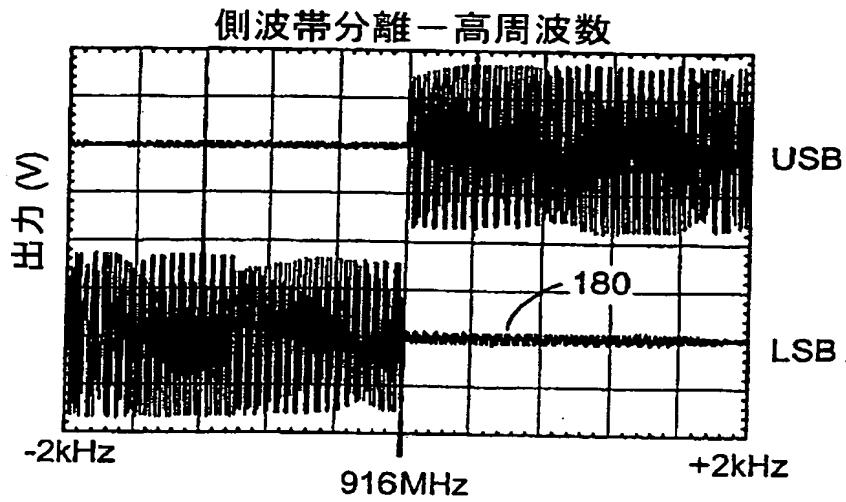


FIG. 5D

【図 6 A】

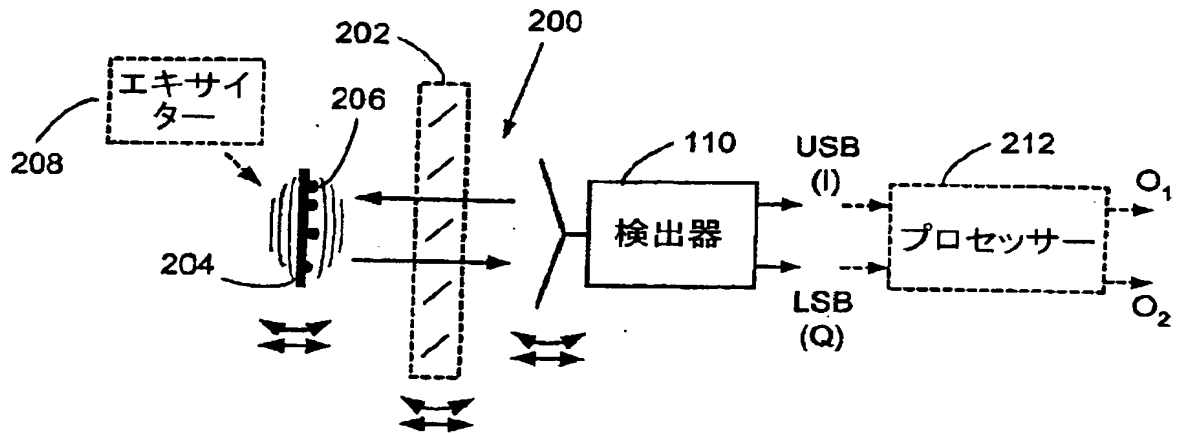


FIG. 6A

【 図 6 B 】

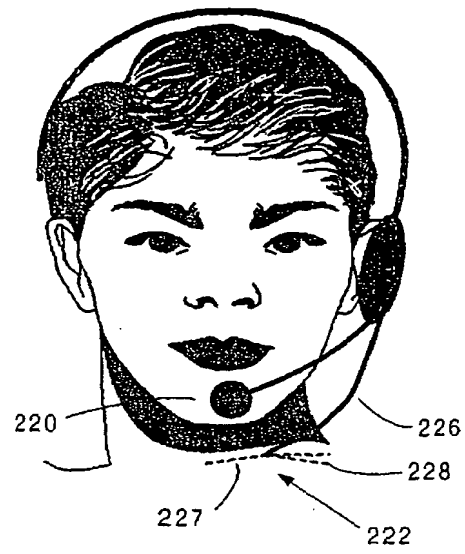


FIG. 6B

【 図 6 C 】

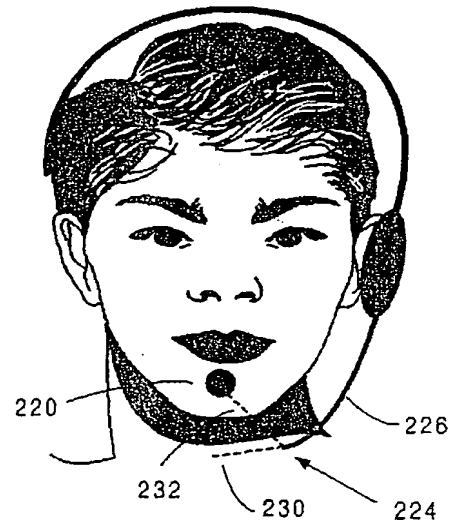


FIG. 6C

【図 6 D】

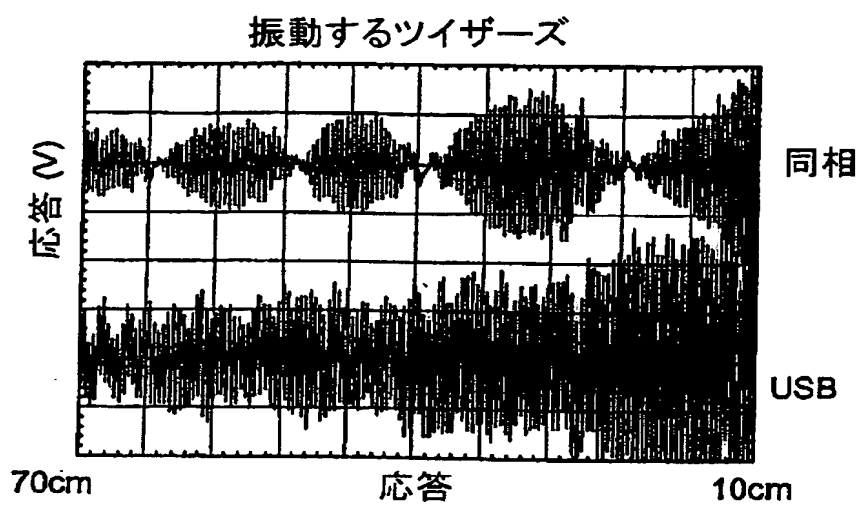


FIG. 6D

【図 6 E】

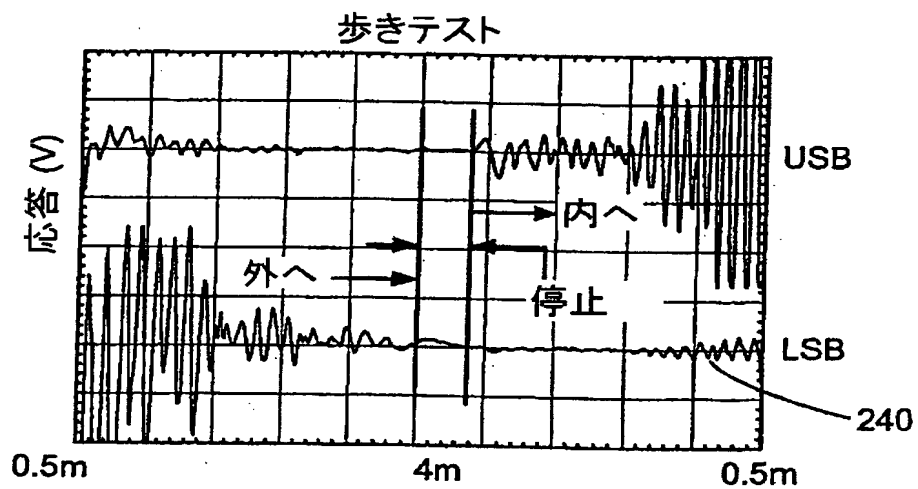


FIG. 6E

【 図 6 F 】

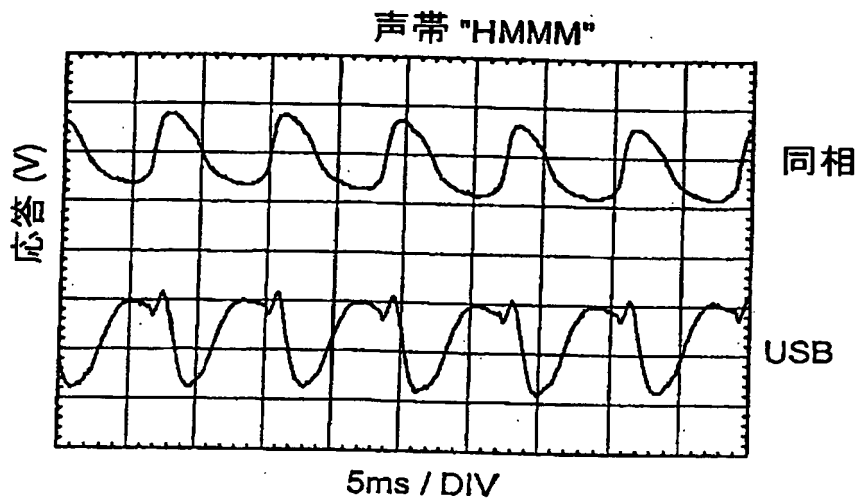


FIG. 6F

【 図 6 G 】

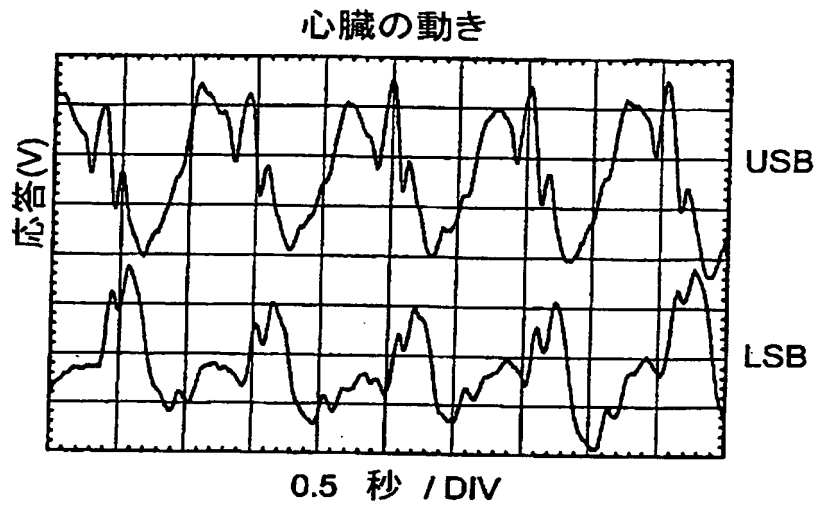


FIG. 6G

【 図 6 H 】

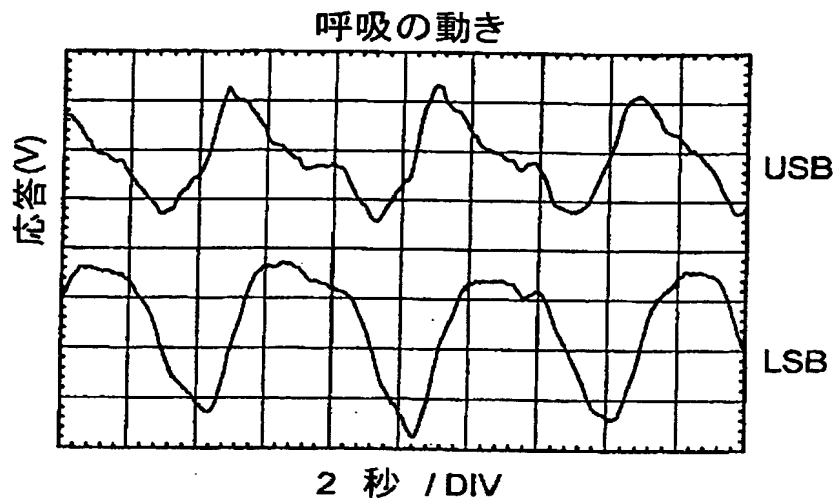


FIG. 6H

【 図 6 I 】

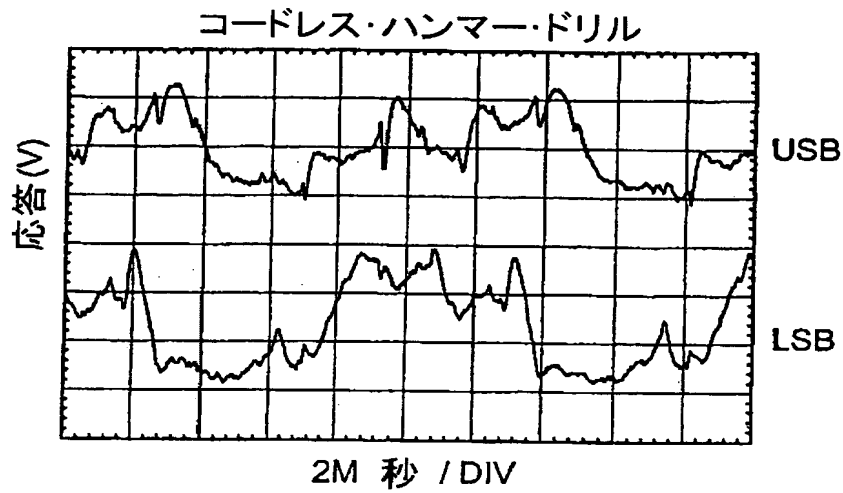


FIG. 6I

【 図 6 J 】

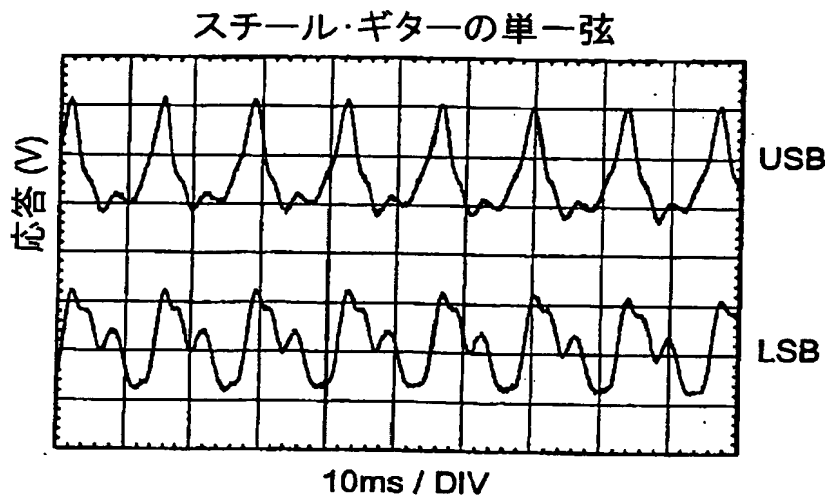


FIG. 6J

【 図 6 K 】

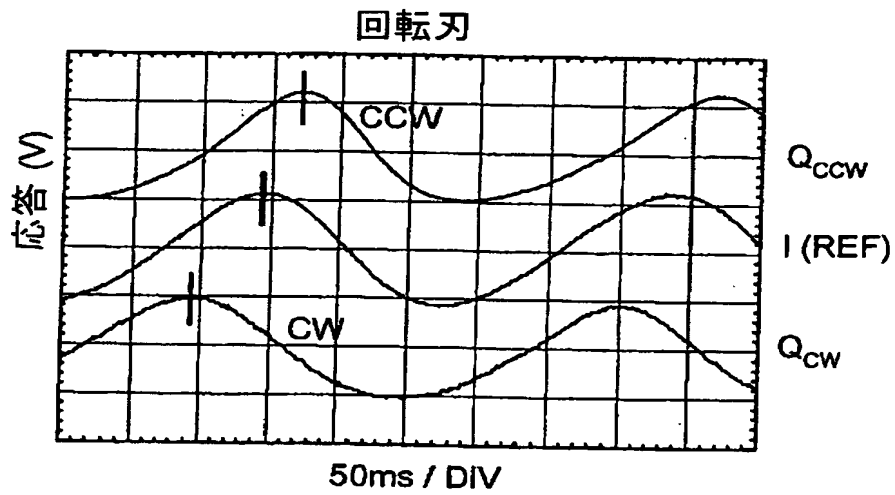


FIG. 6K

【 図 7 】

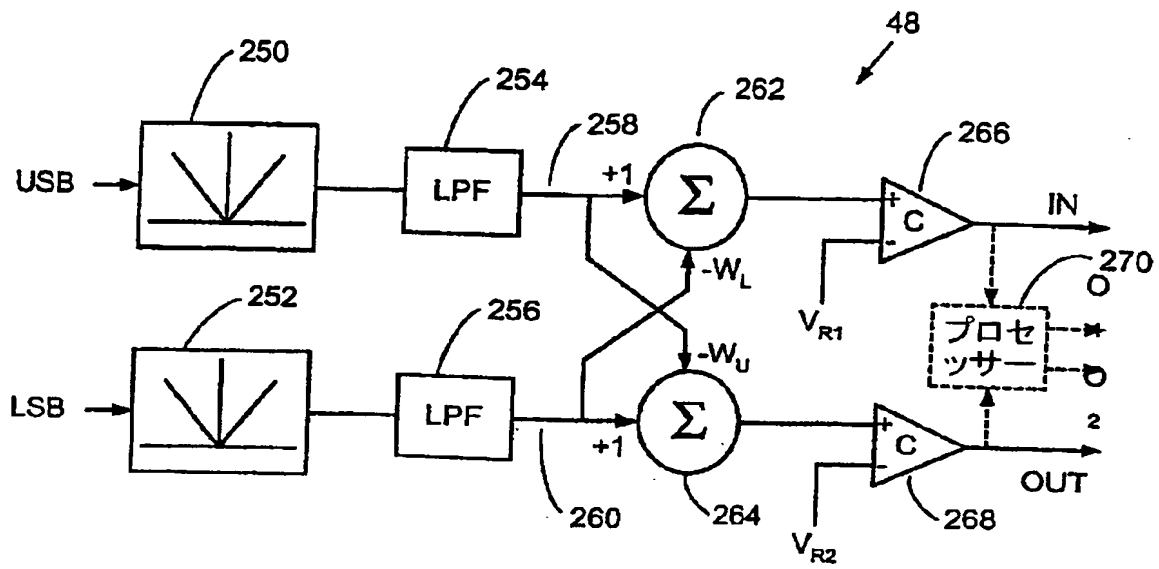


FIG. 7

【 図 8 A 】

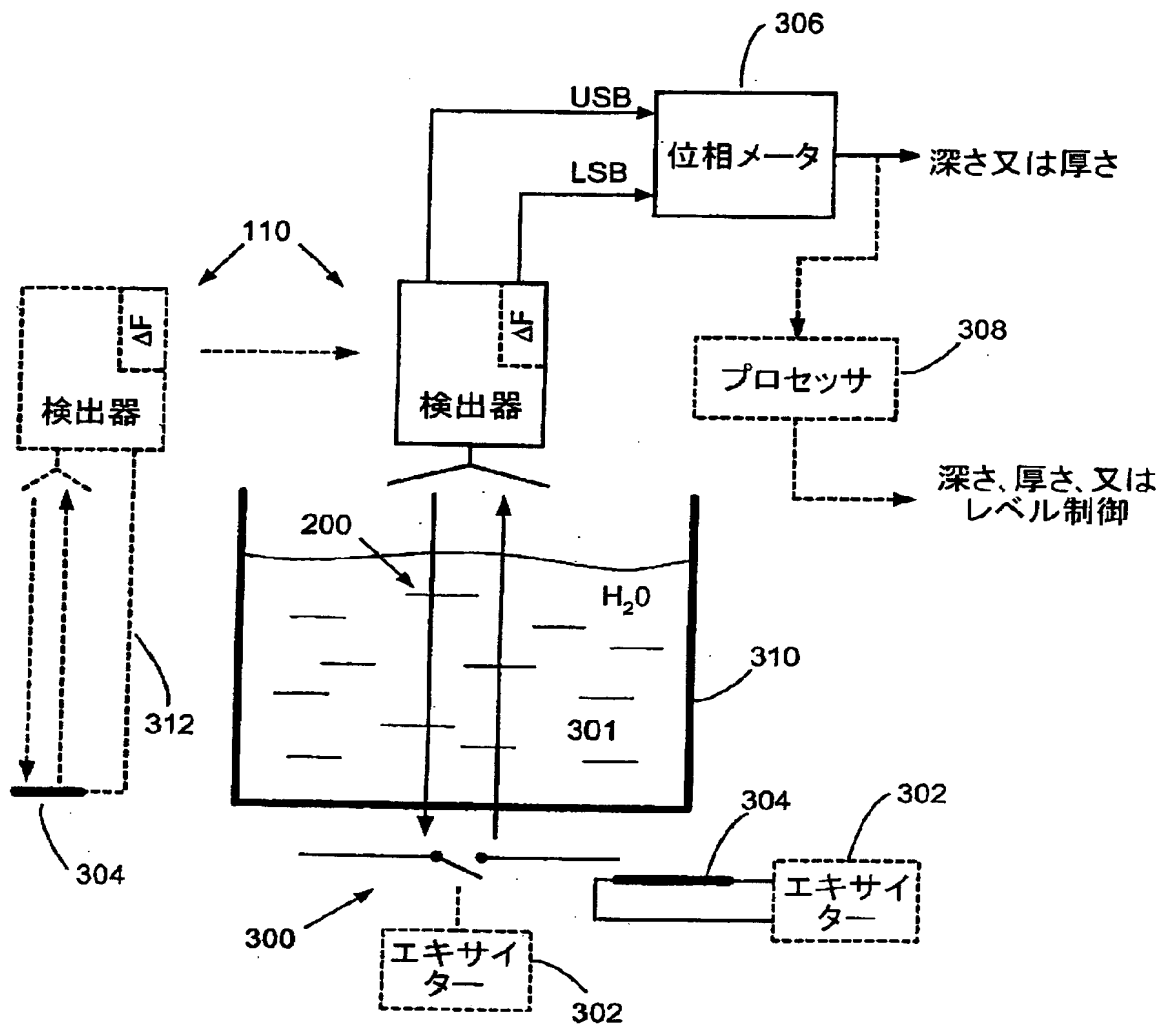


FIG. 8A

【 図 8 B 】

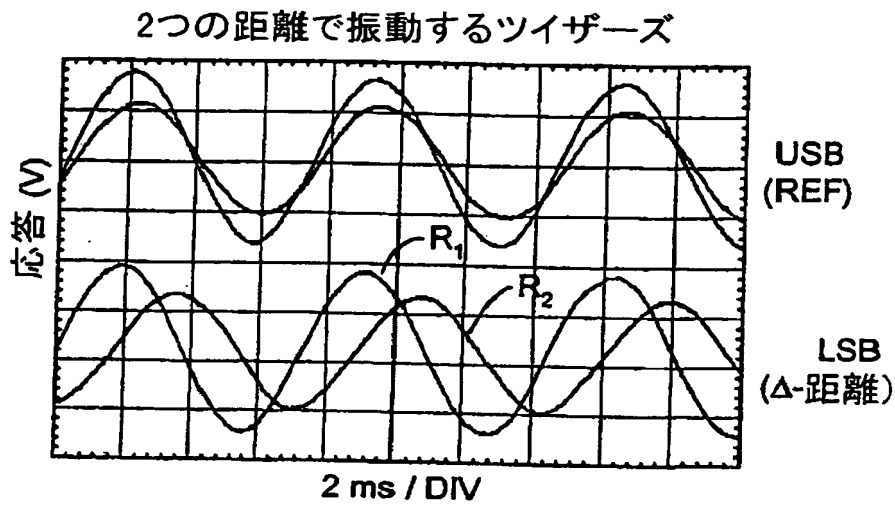


FIG. 8B

【 図 8 C 】

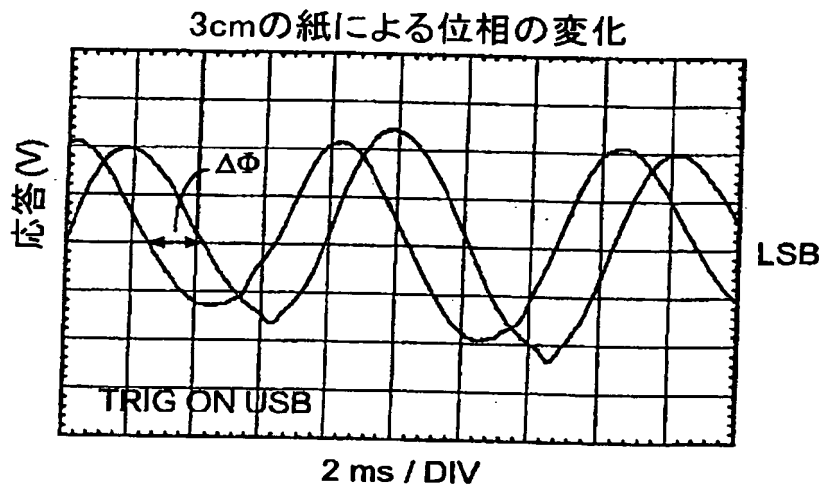


FIG. 8C

【 図 8 D 】

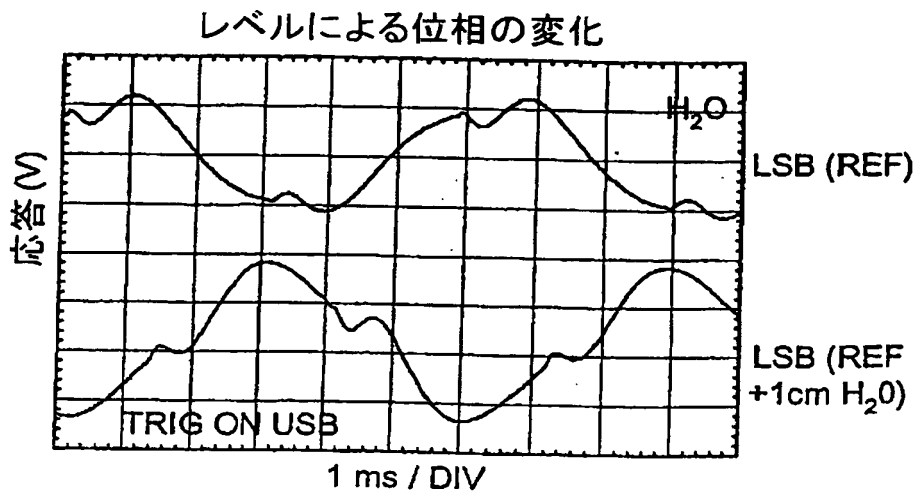
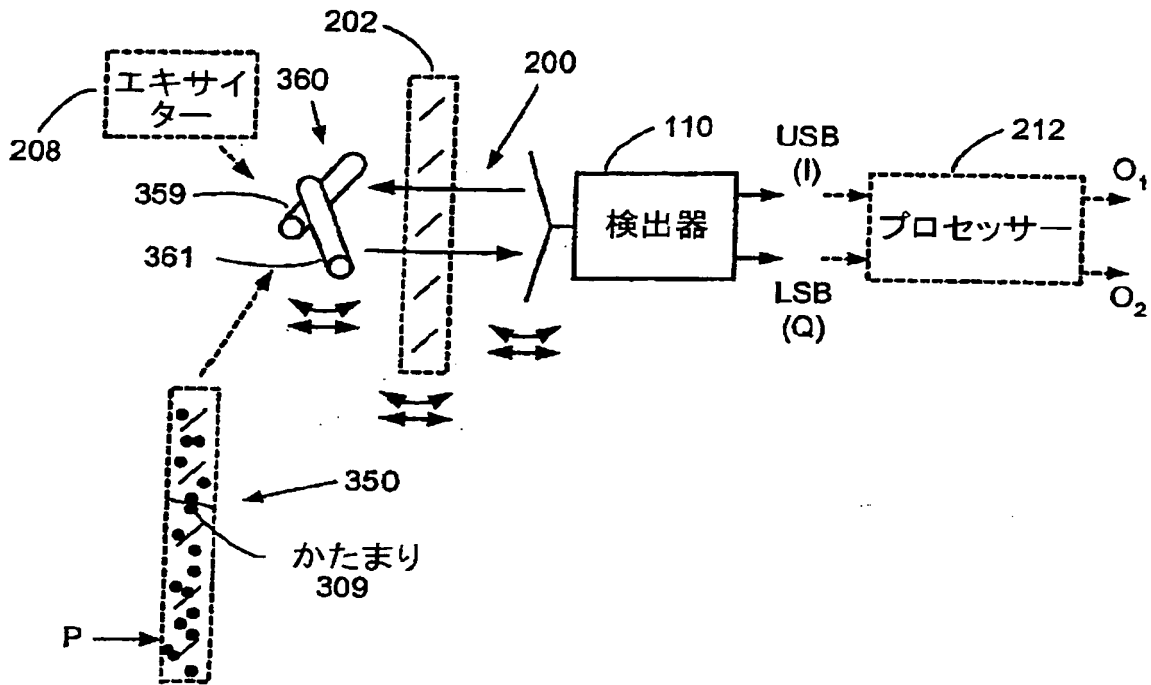


FIG. 8D

【 図 9 A 】



【 図 9 B 】

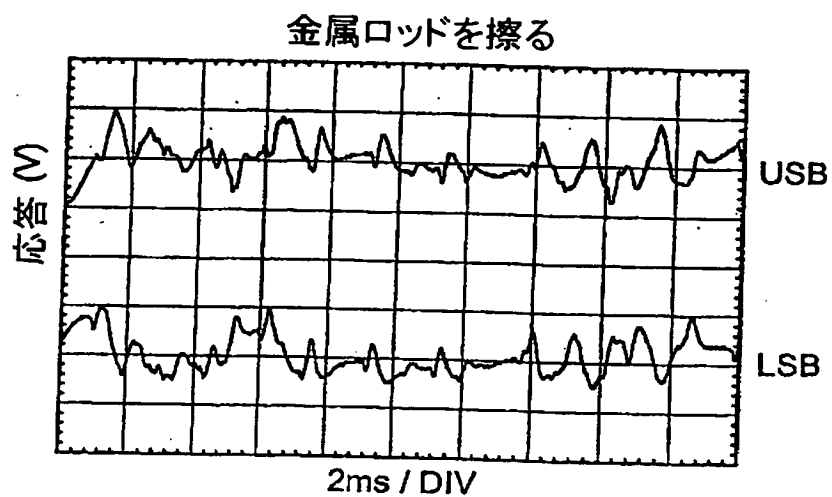


FIG. 9B

【 図 9 C 】

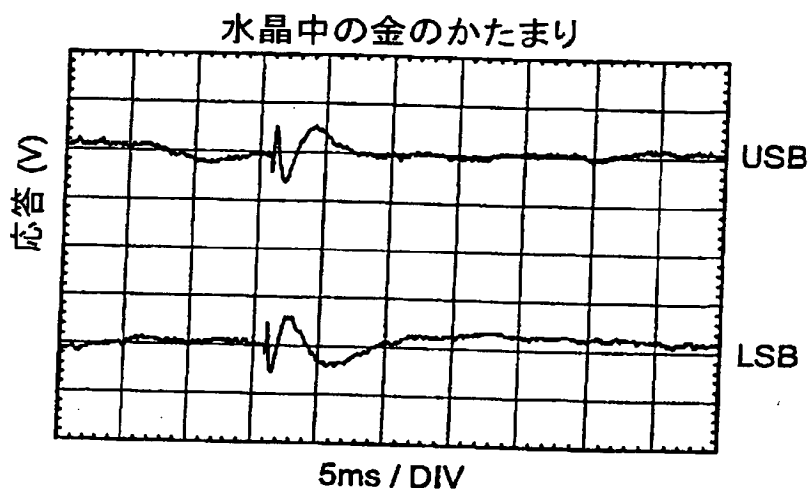


FIG. 9C

【 図 9 D 】

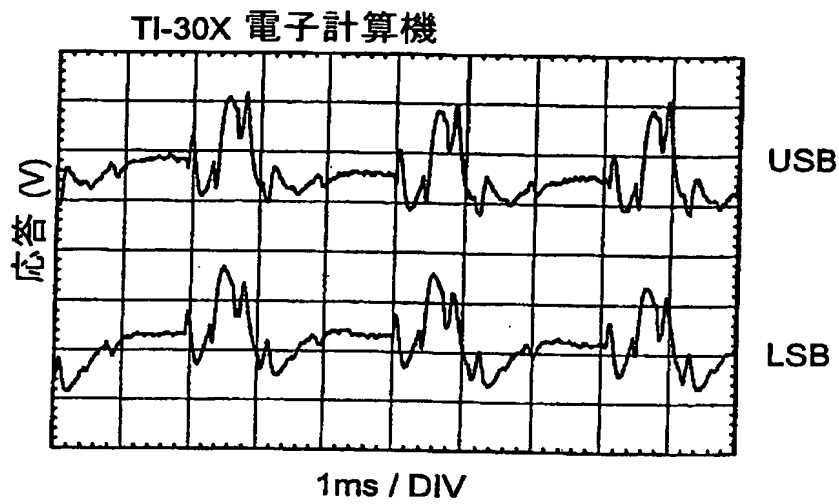


FIG. 9D

【 図 10 A 】

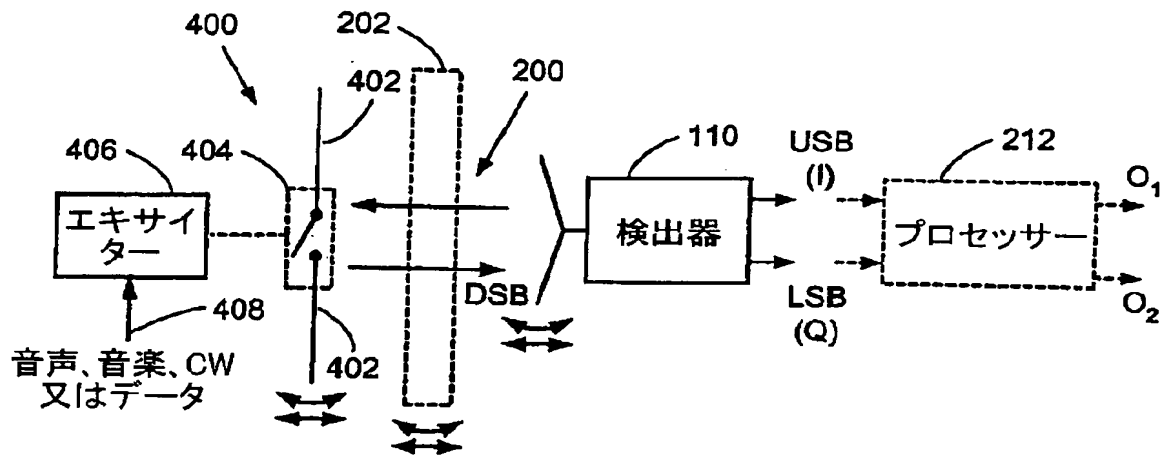


FIG. 10A

【図 10B】

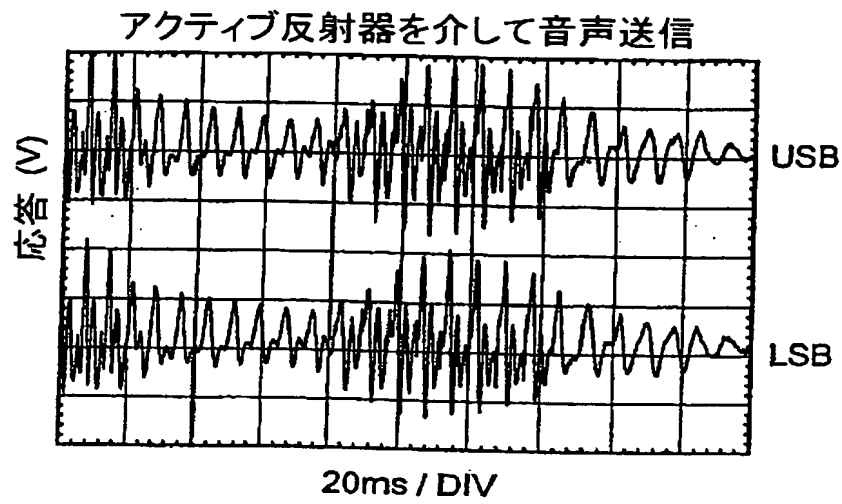


FIG. 10B

【図 10C】

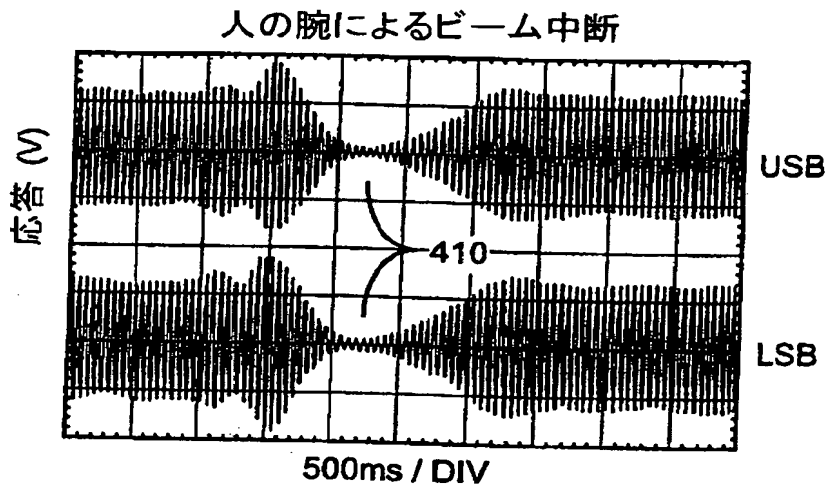


FIG. 10C

【 図 1 1 】

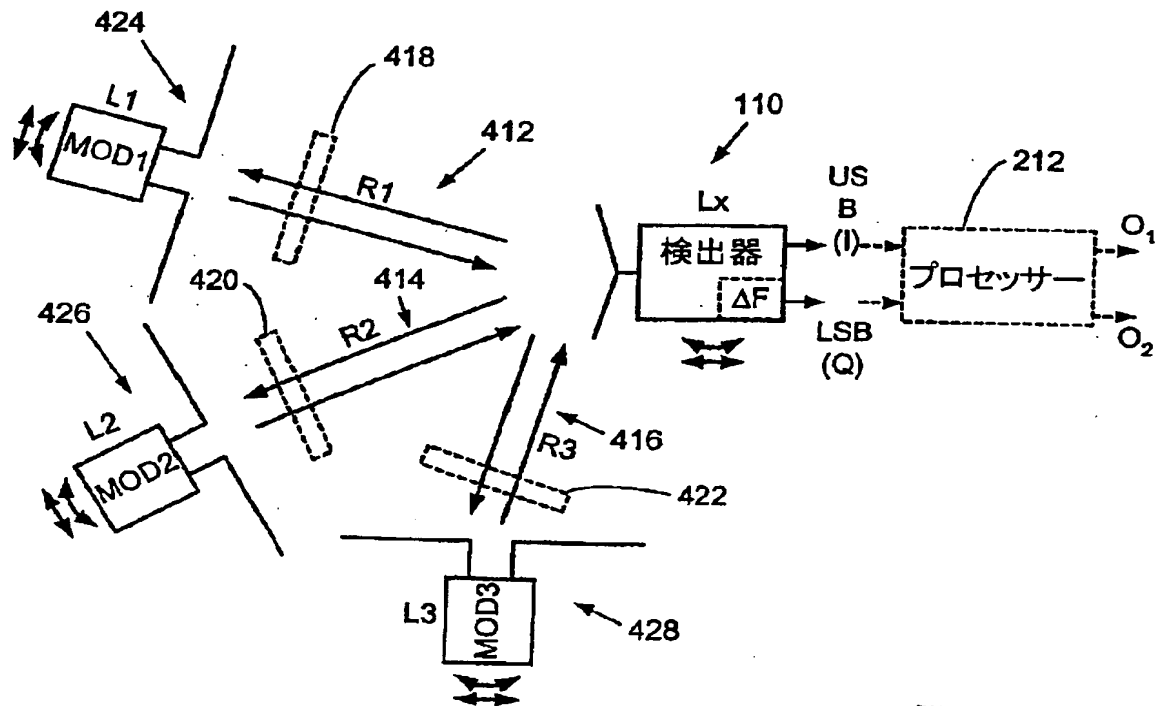


FIG. 11

【 図 1 2 A 】

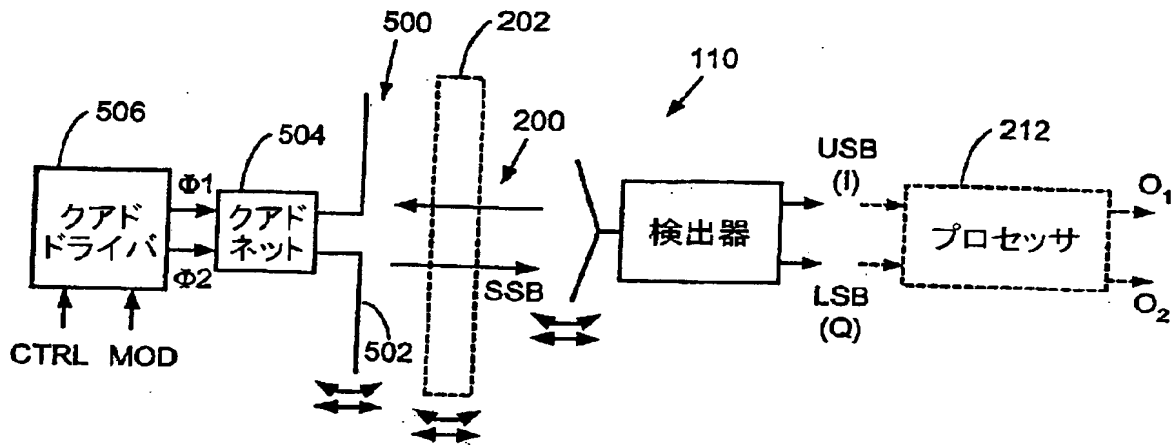


FIG. 12A

【 図 1 2 B 】

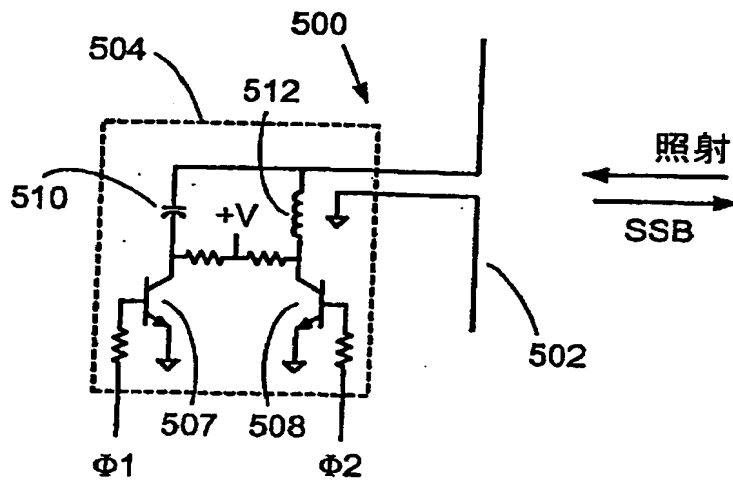


FIG. 12B

【 図 1 2 C 】

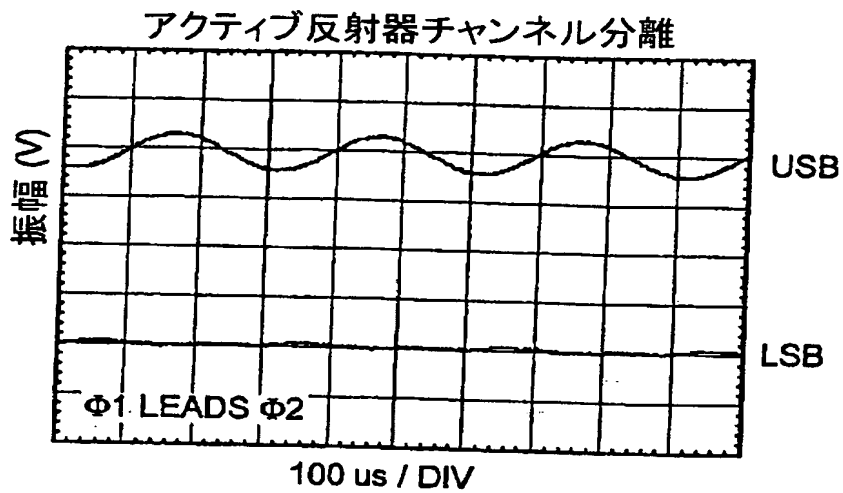


FIG. 12C

【 図 1 2 D 】

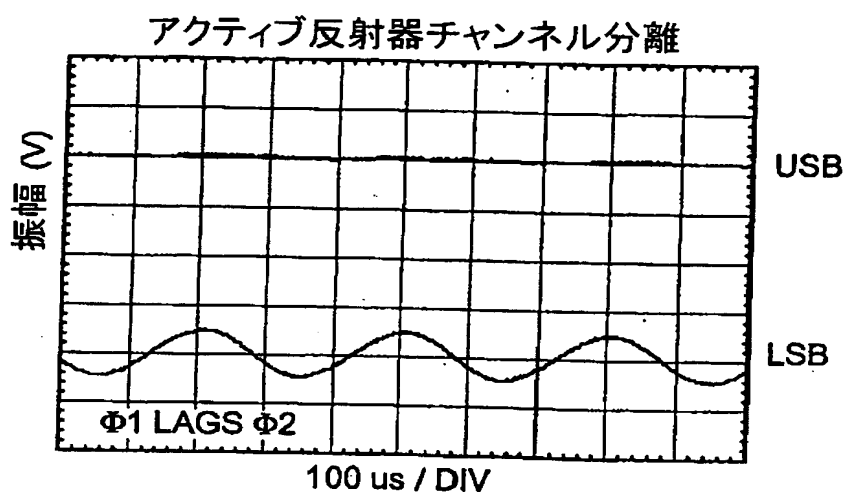


FIG. 12D

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US00/23819

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(7) : G01S 13/00 US CL : 342/28 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 342/28, 21, 29, 36-40, 42-43, 50, 51, and 189-197 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3,750,163 A (HECKER) 31 July 1973, see abstract.	55-58, 67-69
X	US 3,801,980 A (DANTON et al) 02 April 1974, see abstract.	55-58, 67-69
X	US 3,967,202 A (BATZ) 29 June 1976, see abstract.	55-58, 67-69
X	US 3,981,011 A (BELL, III) 14 September 1976, see abstract.	55-58, 67-69
X	US 4,001,822 A (STERZER) 04 January 1977, see abstract.	55-58, 67-69
A	US 4,286,260 A (GERSHBERG et al.) 25 August 1981, see abstract.	1-72
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 DECEMBER 2000		Date of mailing of the international search report 22 MAR 2001
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized Officer BERNARR EARL GREGORY Telephone No. (703) 306-5765

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US00/23819

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X --- Y	US 5,196,826 A (WHITING) 23 March 1993, see abstract.	25-27, 31-33, 45-48 ----- 28-30, 34,35
X --- Y	US 5,790,032 A (SCHMIDT) 04 August 1998, see abstract.	25-27, 31-33, 45-48 ----- 28-30, 34,35

## フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**